

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**Critérios mineralógicos e microestruturais aplicados à
determinação de *pathfinders* para prospecção aurífera
(Mina de Escádia Grande, Góis)**

Diogo Miguel Teixeira Ribeiro

Mestrado em Geologia Económica
Especialização em Prospecção Mineral

Relatório de Estágio orientado por:
António Manuel Nunes Mateus
Daniela Lobarinhas Carvalho

2019

Agradecimentos

Este relatório de estágio representa o corolário de todo o trabalho desenvolvido durante o período entre Maio de 2018 e Outubro de 2019. Durante este período estive rodeado diariamente por pessoas que, de alguma forma, influenciaram o meu trabalho e me acompanharam tanto nos momentos bons como nos menos bons. A essas pessoas gostaria de prestar um breve agradecimento.

Primeiramente, agradeço à EDM pelo apoio financeiro prestado durante a reclassificação de sondagens, amostragem e levantamento estrutural, bem como pelo acesso a relatórios técnicos não publicados.

À Daniela Lobarinhas, uma das pessoas mais organizadas que já conheci, pela enorme (!) ajuda que me deu ao longo deste ano e meio. Desde carregar (muitas) caixas de sondagens, colher amostras, tutoriais em Arcgis e Target, viagens para Góis, e acompanhar todo o processo do levantamento estrutural (chegámos a lavar hasteais com esfregão para conseguir ver afloramento! Enorme paciência!). O seu contributo foi absolutamente essencial para a conclusão das várias etapas do trabalho e determinante para a qualidade dos dados obtidos. Um muito obrigado, Daniela!

Ao meu orientador, Prof. António Mateus, fundamental em todo o processo. Pelos conselhos e sugestões, primando sempre o rigor científico e fiabilidade aos dados. Pelas longas e entusiasmantes discussões, tanto no gabinete como nas galerias, que tanto me motivaram. E, acima de tudo, pela disponibilidade. Não obstante a agenda concorridíssima, fez questão sempre de arranjar tempo para uma conversa ou para a leitura de manuscritos. É de uma eficiência impressionante. Muito obrigado por tudo. Foi um gosto!

Aos meus pais, Isabel e Dinis, à minha irmã, Joana, e avós, Armindo e Teresa. Para eles os meus estudos sempre foram uma prioridade e fizeram tudo o que estava ao seu alcance para garantirem a estabilidade de que precisava para fazer o meu trabalho. A curiosidade e preocupação que mostraram relativamente ao trabalho que desenvolvi, apesar de não entenderem a maior parte, foram uma constante. Por isto e por tudo o que fizeram por mim, estou-lhes eternamente grato.

A Rita dos Santos por tudo que faz por mim diariamente e constante preocupação comigo, chegando a preocupar-se mais que eu próprio. À sua maneira directa, acorda-me da dormência/inércia que tendo a mostrar perante determinados aspectos da vida. A sua maneira particular e astuta de ver o mundo é algo raro e que muito admiro. Por todos os episódios de mau humor que teve de aturar da minha parte, por todos os almoços e jantares que cozinhou para mim para ter mais tempo para trabalhar, pelos serões a ver séries, pela companhia. A ti, um obrigado muito especial.

Aos meus estimados amigos, Samuel Ramos, Inês Roque e Rodrigo Silva. Por todos os cafés, cervejas, viagens, conversas, gargalhadas, enfim, pela amizade. Pela preocupação e vontade verdadeira de querer saber, pelo apoio. São pessoas especiais e sempre o serão para mim. Que ao longo da nossa vida tenhamos oportunidade de fazer o que fazemos tão bem, conviver (apesar de eu ser o elemento anti-social!). Salmunel, Papichula e Mestre das Chamuças, um muito obrigado!

À Filipa Luz, Chefa, literalmente a nossa mãe da faculdade. Pela constante disponibilidade para ajudar mesmo tendo pouco tempo para tratar do seu trabalho (porque tem de ir ajudar mais não sei quem, ou ir tratar de qualquer coisa que não devia ser ela tratar, mas é a única com iniciativa para tal). Pela preocupação constante, enorme preocupação. Por me mostrar que às vezes vale mais fazer um intervalo, espairecer, conviver, e depois voltar com o triplo da força. Por alegrar o dia a toda a gente, mesmo quando as coisas não lhe correm tão bem a ela. Um grande obrigado!

À dupla doutoral André Cravinho e Ivo Martins (por ordem alfabética Ivo, calma). Pela preocupação, boa disposição e vontade de ajudar. André, o tipo das rastas sensacionais (são mesmo!) que muita ajuda me deu na sala das serras e em discussões de química mineral; uma pessoa excepcional, que pensa sempre nos outros antes de si próprio, e sempre disposto a uma conversa (geológica ou não), a um

convívio, a aproveitar o momento, aproveitar a amizade. Ivo José, mestre da Rola, uma pessoa com quem convivo muito, mas não por escolha (estou a brincar, mas repara que quase rimou! Já sou melhor Mc que tu), capaz de alegrar o dia a qualquer um; com uma capacidade inédita no departamento dos trocadilhos, mas é fraquinho em jogos de Hélder (defendemos bem mesmo assim!); para ele há sempre uma maneira de tornar algo engraçado e isso faz uma grande diferença quando se está a ter um dia mau. Aos dois, um muito obrigado sentido! Os dias passam-se melhor convosco.

Ao Eduardo Jorge Soares, por todo o apoio, vontade de discutir (especialmente geologia), disponibilidade para ajudar e boa disposição. Um geólogo que muito respeito e com uma vontade de aprender surpreendente. Um exemplo de determinação a seguir! Grande obrigado, Sonares!

Às meninas da sala 65, Gabriella Carpinteira, Linda Viduedo e Rita Pereira. Pelos momentos (no geral, toleráveis) que passámos. Gabriella, é como a pilha duracel “fala, fala e fala”, conta a vida toda; uma pessoa absolutamente inspiradora que mostra que, por mais azar que tenhamos na vida, existem sempre motivos para sorrir e rir e aproveitar tempo de qualidade com outras pessoas; obrigado, Gabriella. Linda, chata todos os dias, dá-me cabo da cabeça, mas muito boa rapariga, que muitos conselhos e ajuda me deu para o meu trabalho; que traz bolo e ginja para a faculdade, e sempre se preocupou comigo; um muito obrigado, Linda. Finalmente, Rita, menina das crosta, pela preocupação e disponibilidade para ajudar, obrigado!

Ao casal maravilha, João Santos e Beatriz Antunes pela boa disposição, ensinamentos sobre dialectos e costumes de aldeia, pelos bons momentos passados de cerveja na mão e conversas no muro, pela preocupação (constante!), um muito obrigado aos dois!

Ao Pedro Santos, pela amizade, disponibilidade para ajudar com qualquer coisa que seja, pelas viagens a Aljustrel, e pelos bons momentos partilhados, frequentemente com uma cervejinha a acompanhar. Que se repitam esses momentos bastantes mais vezes! Obrigado, Pedro!

Ao José Roseiro, pelas várias discussões sobre geologia e pelos bons momentos passados em Évora, um grande obrigado!

Ao Prof. Miguel Gaspar pela constante curiosidade e gosto em discutir; pela ajuda na petrografia, pela mini-aula de montagem de lâmpadas de microscópios petrográficos, pelos cafés da “morning”, e pela boa disposição e boas conversas, especialmente durante as saídas de campo. Ahh e pelo festival de Moledo! Um muito obrigado!

Ao Manuel Silva, amigo emigrado, pelos bons momentos passados, ainda que breves. Uma pessoa que muito respeito e disponível para ajudar. Obrigado, Manel!

À Cynthia Mourão pela produção de lâminas e pelo esforço extra (em altura de muito trabalho) para conseguir acabar as minhas lâminas em tempo record! Muito obrigado!

Ao Pedro Rodrigues pela ajuda com as análises de química mineral e, especialmente, por ter feito o esforço de vir à faculdade num sábado para poder conseguir acabar o trabalho. Obrigado!

Ao Prof. Manuel Francisco, por possibilitar a consulta das amostras arquivadas no IST.

Aos restantes colegas do meu ano de mestrado: Inês Martins, João Azevedo, João Barata, João Bernardo, João Franca, Maria Dias, Nuno Grácio, Pedro Francisco, Rui Santos pelos bons momentos passados durante as saídas de campo.

Aos restantes mestrandos de Geologia Económica: Catarina Ferraz, Diogo Silva, João Correia, João Pinto, Manuel Silva, Miguel Martins, por momentos de convívio, alguns jogos de xadrez e boa disposição!

Um sincero obrigado a todos.

Resumo

A antiga mina de ouro de Escádia Grande (Alvares, Góis, Coimbra) foi revisitada com o propósito de contribuir para o esclarecimento de algumas questões em aberto, nomeadamente no que diz respeito: **(1)** à sequência das várias fases de deposição de quartzo e respectiva mineralogia acessória, de modo a constranger o posicionamento cronológico relativo do evento mineralizante; **(2)** às razões pelas quais os teores de Au não se distribuem de forma consistente ao longo das estruturas interpretadas até agora como potencialmente mineralizadas (filonetes subparalelos de arsenopirite); e **(3)** ao controlo de natureza estrutural, envolvido no *input* aurífero no sistema, que condiciona a distribuição espacial dos teores, relacionando-o com a evolução do corredor de cisalhamento principal.

Foram reconhecidas 8 gerações de quartzo que marcam diferentes eventos de deformação síncronos do dobramento regional (**Qz I, II, III, IV e V**), da propagação/reactivação e corredor de cisalhamento NW-SE/WNW-ESE em regime dúctil/semi-frágil (**Qz VI e Qz VII**), e do período tardio de reactivação frágil do maciço rochoso (**Qz VIII**). Os eventos mineralizantes relacionam-se com a propagação local de um corredor de cisalhamento NW-SE/WNW-ESE esquerdo, cujos eventos cíclicos de reactivação sob condições de elevada pressão de fluidos, concorreram para a génese de vários conjuntos de estruturas. Destaca-se a génese (diacrónica) de dois tipos de corpos filonianos relacionados com: **(i)** o desenvolvimento de fendas dilatantes (**Qz VI**), mais precoces; e **(ii)** o preenchimento de zonas de falha WNW-ESE, com pendor para SSW (**Qz VII**), desenvolvidos posteriormente.

As associações minerais observadas em contexto filoniano contrastam fortemente com as preservadas nas sequências metassedimentares adjacentes. O contexto filoniano é o que melhor regista os efeitos decorrentes dos sucessivos impulsos mineralizantes e aquele onde preferencialmente precipitam fases portadoras de Au e Ag. Em contexto metassedimentar, estes impulsos concorrem para a neoformação de associações mineralógicas com agregados de clorite, cujas composições são adequadas à aplicação de alguns modelos geotermométricos. O evento mineralizante aurífero principal (~350-375°C) é marcado pela deposição de **Qz VII + Apy II + Py Ia + Mrc I + Ccp Ia + Sp I ± Po ± Cb I**, imediatamente seguida de **Py Ib + Gn I + Elect + Ttr/Frg (Prr) + Ulm I + Ccp Ib**; subsequentemente, ocorre precipitação de **Dol + Gn II + Ag₂S_y** (~350-340°C a ~330-220°C) marcando um evento argentífero subsequente. O evento aurífero principal sucede ao desenvolvimento dos filonetes subparalelos de arsenopirite (**Apy I**), pelo que estas estruturas não devem ser encaradas como potencialmente mineralizadas, embora possam, localmente, funcionar como armadilhas geoquímicas para o crescimento de partículas de Au.

O *input* aurífero é essencialmente governado pelas falhas com pendor para SSW e os teores aumentam na intersecção com os corpos filonianos mais precoces (**Qz VI**). Os domínios de coalescimento destas estruturas com geometria *releasing bend* devem ser igualmente vistos como potenciais alvos, pois representam zonas de dilatação propícias à acomodação de precipitados hidrotermais (**Qz VII**) potencialmente mineralizados. Regista-se a ocorrência de um pico de rejuvenescimento térmico tardio do sistema (340-350°C); contudo os precipitados hidrotermais (**Qz VIII**) resultantes são estéreis no que a Au(Ag) diz respeito.

Em suma, o desenvolvimento das estruturas de suporte ao depósito Escádia Grande processou-se em regime construtivo forte, de carácter muito local e sob elevada pressão de fluidos; tal terá permitido a abertura de discontinuidades (pré-existent e neoformadas) e escoamento (recorrente, embora irregular) de fluido hidrotermal. Os estrangimentos termomecânicos inferidos e o carácter restrito dos episódios de incremento da permeabilidade, limitam fortemente a continuidade espacial (lateral e em profundidade) do metalotecto estrutural portador de mineralizações com teores apreciáveis. Por esta razão, a menos que seja possível demonstrar a existência de outros corredores estruturais de maior

continuidade espacial, se considera que futuros investimentos circunscritos ao depósito de Escádia Grande comportam risco elevado.

Palavras-chave: Controlo estrutural de mineralização; Escádia Grande, Metalogénese aurífera varisca.

Abstract

The old gold mine of Escádia Grande (Alvares, Góis, Coimbra) was revisited aiming the elucidation of a few open questions, namely those regarding: **(1)** the sequence of quartz depositional phases and accessory mineralogy, in an attempt of constraining the relative chronologic positioning of the mineralizing event; **(2)** the reasons that could explain why Au grades are inconsistently distributed along the structures so far interpreted as potentially mineralized (subparallel fillets of arsenopyrite); and **(3)** the nature of the structural control involved in the Au input into the system, regulating the spatial distribution of grades, and relating it with the evolution of the main shear zone.

Eight generations of quartz tracing different deformation events were recognized; synchronous to regional folding (**Qz I, II, III, IV e V**), propagation/reactivation of NW-SE/WNW-ESE shear zones under ductile/brittle-ductile regime (**Qz VI e VII**), and late brittle reactivation of the system (**Qz VIII**). The mineralizing events correlate to the local propagation of a NW-SE/WNW-ESE left-lateral shear zone, where cyclic reactivation events under high fluid-pressure conditions led to the formation of several sets of structures. Noteworthy are the two (diachronic) lode types related to: **(i)** the early development of dilation gashes (**Qz VI**); and **(ii)** filling of late SSW-dipping WNW-ESE fault zones (**Qz VII**).

The observed mineral assemblages in lode-type systems strongly contrast with those preserved in neighbouring metasedimentary sequences. The former tend to better record the effects of multiple mineralizing pulses, thus representing the preferential deposition sites for Au and Ag phases. In metasedimentary context these pulses triggered the neoformation of mineral associations with chlorite aggregates, whose composition allows geothermometry modelling. The main auriferous mineralizing event (~350-375°C) is outlined by the deposition of **Qz VII + Apy II + Py Ia + Mrc I + Ccp Ia + Sp I ± Po ± Cb I**, followed by **Py Ib + Gn I + Elect + Ttr/Frg (Prr) + Ulm I + Ccp Ib**; subsequently the precipitation of **Dol + Gn II + Ag_xS_y** (~350-340°C to ~330-220°C) indicates a late argentiferous event. Because the main auriferous event follows the development of the subparallel arsenopyrite fillets (**Apy I**), these structures should not be interpreted as potentially mineralized, although they can work as geochemical traps for the growth of gold particles.

The gold input is essentially controlled by the SSW-dipping faults and the grades increase at intersections with the early lodes (**Qz VI**). The releasing bend coalescence domains should be equally considered as potential targets, because they represent dilation zones prone to the accommodation of potentially mineralized hydrothermal precipitates (**Qz VII**). Several lines of evidence suggest the occurrence of late thermal rejuvenation of the system (reaching up to 340-350°C), although resulting barren hydrothermal precipitates (**Qz VIII**) concerning Au(Ag).

Concluding, the development of the structures that support the Escádia Grande deposit took place under high fluid-pressure and strong strain constriction conditions of local character; this allowed the opening of (pre-existent and neoformed) discontinuities and (recurrent, although irregular) hydrothermal fluid flow. The inferred thermomechanical constraints and the restrict character of permeability increasing episodes highly limit the spatial continuity of the structural array (laterally and in depth) potentially hosting high ores grades. Considering all the compiled information, and unless proven the existence of other shear zones of wider spatial continuity, future investments confined to the Escádia Grande deposit bear high risk.

Key words: Structural control of mineralization, Escádia Grande; Variscan gold metallogenesis.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract	IV
Lista de Abreviaturas	XXIV
I. Introdução	1
II. Enquadramento	2
II.1. Geodinâmica e Metalogenia.....	2
II.2. Geologia da área mineira de Escádia Grande.....	6
III. Metodologias	11
III.1. Descrição de Sondagens.....	11
III.2. Amostragem.....	11
III.3. Levantamento Estrutural de Galerias.....	11
III.4. Processamento Laboratorial.....	12
III.5. Análise Petrográfica.....	12
III.6. Química Mineral.....	12
III.7. Litogeoquímica.....	12
III.8. Projecção Espacial.....	12
IV. Reclassificação de Sondagens	13
V. Amostragem	15
V.1. Amostragem de testemunhos de sondagem.....	15
V.2. Amostragem da colecção do IST.....	16
VI. Levantamento Estrutural de Galerias	17
VI.1. Conjuntos de Descontinuidades.....	17
VI.2. Preenchimentos minerais.....	26
VII. Análise Petrográfica	29
VIII. Química Mineral	46
VIII.1. Sulfuretos.....	49
Arsenopirite (FeAsS).....	49
Calcopirite (CuFeS ₂).....	50
Esfalerite (ZnS).....	50
Galena (PbS).....	51
Pirite (FeS ₂).....	51
Marcassite (FeS ₂).....	52
Pirrotite (Fe _{1-x} S).....	52
Millerite (NiS).....	52
VIII.2. Sulfossais.....	53
Gersdorfite (NiAsS).....	53
Ulmanite (NiSbS).....	53

Bournonite (CuPbSbS_3).....	53
VIII.3. Fases portadoras de Au e Ag	53
Electrum (Au, Ag).....	53
Tetraedrite – Freibergite ($\text{Cu}^+\text{Cu}^+\text{Fe}^{2+}\text{Zn}_2\text{Sb}_4\text{S}_{12}\text{S} - (\text{Ag}^+\text{Cu}^+,\square)_{10}\text{Fe}^{2+}_2\text{Sb}_4\text{S}_{12}\square$).....	53
Sulfuretos de Ag (Ag_xS_y).....	54
VIII.4. Carbonatos.....	54
VIII.5. Filossilicatos	55
VIII.6. Clorites	57
VIII.7. Feldspato	58
VIII.8. Óxidos	58
Rútilo (TiO_2)	58
VIII.9. Fosfatos	59
Flúor-apatite [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$].....	59
Monazite [(Ce, La)(PO_4) $_3$].....	60
Xenótimo (YPO_4).....	60
IX. Litogeoquímica	61
X. Projecção Espacial de Estruturas e Teores.....	67
XI. Discussão	71
XII. Considerações Finais	79
XIII. Referências Bibliográficas	81
XIV. Anexos	85
Anexo 1 – Descrição das gerações de preenchimentos quartzosos identificados durante a reclassificação de testemunhos de sondagem	85
Anexo 2 – Amostragem de testemunhos de sondagem.....	90
Anexo 3 – Amostragem da colecção do IST	93
Anexo 4 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais, fases portadoras de Au e Ag, carbonatos, micas, clorites, feldspatos, óxidos e fosfatos	95
Anexo 5 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados sulfuretos, sulfossais, fases portadoras de Au e Ag, carbonatos, micas, clorites, feldspatos, óxidos e fosfatos	101
Anexo 6 – Análises pontuais representativas das gerações de deposição das fases minerais abordadas no capítulo VIII	104
Anexo 7 – Limites de detecção relativos às análises de rocha total de testemunhos de sondagem e amostragem em canal em galeria.....	121
Anexo 8 – Distribuição das amostras em canal ao longo da galeria do piso 855	122
Anexo 9 – Mapas do levantamento estrutural descrito no capítulo VI complementar dos mapas elaborados por Carvalho (1988b) [Pisos 835 e 855].	123

Lista de Figuras

Figura II.1 – Mapa das zonas geotectónicas que integram o Maciço Ibérico. Ilustra-se a distinção entre margens imbricadas (1) e núcleo autóctone (2), bem como entre terrenos exóticos continentais (5) e ofiolíticos (6), no terreno ibérico segundo Ribeiro et al., (1990a). A separação entre os terrenos parautoctones (3) e autóctones (4) da ZCI estão de acordo com Dias et al., (2016) após Johnson et al., (2013). As estruturas representadas correspondem a zonas de cisalhamento (7) e estiramento em “a” (8) e em “b” (9) associado ao dobramento D1 e zonas de cisalhamento D3 (10) [Dias & Ribeiro, 1995]. Representa-se também a localização do couro mineiro de Escádia Grande.....2

Figura II.2 – Mapa geológico da área mineira de Escádia Grande, cedido pela EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA) [adaptado de Soares et al. (2007), de Carvalho (1992) e Meireles et al. (2013)].7

Figura II.3 – Planta dos trabalhos subterrâneos na mina de Escádia Grande [Escala 1:1000; Datum Lisboa (Castelo de S. Jorge)]. Retirado de Carvalho (1988). Os pisos 835 e 855 encontram-se destacados com cor amarela e azul, respectivamente. Os troços marcados a verde correspondem a acessos e galerias do “1º piso” que representa o patamar imediatamente abaixo do piso 855 e que se encontra actualmente inacessível. Os traços vermelhos marcam desmontes romanos. Retirado de Carvalho (1988).7

Figura II.4 – Mapa geológico da área cartografada por Carvalho (1988) à escala de 1:2000 (sistema de coordenadas ETRS89, Datum 73). Adaptado de Carvalho (1988).....8

Figura IV.1 – Exemplos potencialmente úteis para o constrangimento temporal do evento mineralizante e de instalação do corpo ígneo: **A** – Filão de quartzo leitoso com evidências de brechificação local. A brecha inclui fragmentos de material encaixante, bem como de arsenopirite grosseira, e encontra-se cimentada por quartzo leitoso e carbonato. Notar a presença de filonetes escuros no seio do filão (à direita) que podem corresponder a estruturas mineralizadas (Sondagem EG1703); **B** – Filonetes escuros potencialmente mineralizados, ricos em arsenopirite, cortados por filonetes de carbonato + quartzo e truncados por nova bolsa de quartzo leitoso (Sondagem EG1703); **C** – Rocha ígnea cortando fendas de quartzo + pirite instaladas num horizonte de composição pelítica, pertencentes à 5ª geração de estruturas. Notar que o contacto do corpo intrusivo com o encaixante corta com baixo ângulo os planos de estratificação (Sondagem EG1805); **D** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro + carbonato + esfalerite, e subsequentemente por veios de carbonato com crescimento mineral em espaço aberto. A cor alaranjada da rocha indicia processos de carbonatação. (Sondagem EG1805).....14

Figura VI.1 – Projecção estereográfica dos pólos correspondentes às discontinuidades medidas nos pisos 835 e 855 da mina: (1) Estruturas com pendor para o quadrante SW; (2) Estruturas com pendor para NE; (3) Estruturas com inclinação para N; (4) Estruturas com inclinação para E; (5) Estruturas com baixo pendor para WNW. Importa sublinhar que a abundância relativa de medições de cada família de discontinuidades (**a**) não é necessariamente proporcional à realidade; o eventual enviesamento das medições resultantes do levantamento estrutural advém do facto de se terem privilegiado afloramentos relevantes para a compreensão dos mecanismos de instalação de filões e estruturas mineralizadas. Encontram-se igualmente projectados os mesmos pólos segundo esquema de cores (**b**) estabelecido com o intuito de diferenciar: (i) discontinuidades sem cinemática inferida (preto); (ii) falhas com cinemática inferida (azul); (iii) estruturas com evidências de brechificação associada (verde); (iv) discontinuidades com preenchimento mineral (amarelo); e (v) filões de quartzo leitoso (vermelho).....18

Figura VI.2 – Génese, desenvolvimento e relações de corte entre estruturas dilatantes e frágeis – Corpos lenticulares de baixo pendor para SSW e falhas com pendor para o quadrante SW: **A** –

Falha inversa com componente de deslizamento esquerdo, apresentando pendor baixo para SW (A – N44°W, 23°SW) cuja movimentação transpõe localmente S_0 e desencadeia eventos de brechificação que concorrem para a fragmentação do material metassedimentar, posteriormente cimentado por agregados de quartzo. Zonas de esmagamento com formas sigmoidais denunciam não apenas o carácter inverso (**a**) e esquerdo (**b**) destas estruturas, como também irregularidades do plano de falha possivelmente resultantes do coalescimento de descontinuidades menores (**3c**). Importa ainda notar que esta falha inversa corta uma outra zona de falha com pendor para NE (B – N59°W, 56°NE) e cinemática inversa direita [835; A; 50]; **B** – Preenchimentos de quartzo leitoso em zonas de falha com pendor para SW (A1 – N65°W, 58°SW; A2 – N65°W, 38°SW) e cinemática inversa. Observam-se ainda fendas com disposição em échelon (1), antecedendo a propagação das zonas de falha, assim como o desenvolvimento de apófises, com orientação N34°E, 17°NW, preenchidas por quartzo leitoso e evidenciando eventos de brechificação (2) [835; A; 33]; **C** – Fendas preenchidas por quartzo leitoso associadas ao bordo de corpo lenticular potencialmente mineralizado com orientação N82°W, 36°S (**a**), cujas terminações são marcadas por zona de transferência de movimento (horsetail). A disposição espacial das fendas quando rebatidas para um plano horizontal permite deduzir a componente esquerda do corredor de cisalhamento responsável pela sua abertura (**b**) [855; G; 40]; **D** – Cristais euédricos de quartzo cujo crescimento não se processa unicamente no sentido do núcleo da estrutura, mostrando que a abertura é governada por componente cisalhante importante, e não puramente dilatacional; **E** – Extremidade de corpo lenticular de quartzo leitoso, com orientação N49°W, 35° SW, preservando fragmentos segmentados e orientados de rocha encaixante. Na zona central do corpo lenticular verifica-se que a abundância relativa de fragmentos de encaixante diminui significativamente e que estes se encontram desorientados e silicificados. Importa ainda notar a presença de filonetes com preenchimento mineral escuro e orientação ligeiramente oblíqua àquela exibida pelos fragmentos segmentados de encaixante [855; G; 50]; **F** – Corpo lenticular de quartzo leitoso com orientação N62°W, 42°SW preservando evidências de processos intensos e recorrentes de cataclase (**a**). Notar o desenvolvimento de faixa de cominuição do material silicioso associada a evento tardio de cataclase, com orientação subparalela ao bordo superior do corpo lenticular e acompanhada de preenchimento mineral de cor escura (1a). Oblíquos a esta faixa, observam-se filonetes com preenchimento mineral semelhante (1b), espacialmente coincidentes com “manchas” de agregados minerais de cor esverdeada. Os preenchimentos minerais de cor escura anteriormente descritos aparentam realçar contactos entre fendas de menor dimensão, cujo coalescimento concorreu para a génese do corpo lenticular maior (**b**). Adicionalmente verifica-se preservação de fragmento de encaixante fortemente silicificado (2) [855; G; 45]; **G** – Zona de coalescimento entre extremidades de dois corpos lenticulares de quartzo leitoso. Na fenda 1 abundam filonetes escuros dispostos em leque e convergindo no sentido do biselamento da lentícula. A extremidade da fenda 2 caracteriza-se pela preservação de fragmentos segmentados, cuja desorganização e grau de silicificação tendem a aumentar na zona central dessa estrutura [855; G; 58]; **H** – Zona central do corpo lenticular de quartzo leitoso exposto na Figura 2-E. Os efeitos de cataclase não se distribuem uniformemente, dando origem a faixas que afectam heterogeneamente o corpo lenticular, embora manifestando maior intensidade (tanto quanto é possível apreciar macroscopicamente) ao longo dos bordos [855; G; 52]; **I** – Espelho de falha ondulado com pendor variável entre SW e S (N55°W, 60°SW; N66°W, 72°SW; N75°W, 60°SSW; N85°W, 66°S) no qual se observam caneluras e estrias (60°, N55°W) que indicam cinemática inversa e esquerda (**a**). De assinalar ainda a presença de preenchimento de quartzo leitoso maciço, sem evidências de brechificação, acompanhado de filonetes escuros e preservando fragmentos segmentados de encaixante (**b**). A variação de espessura deste preenchimento, que acompanha as flexuras do plano de falha, é compatível com abertura em regime esquerdo [855; G; 120]; **J** – Corpo lenticular N63°W, 30°SW brechificado por movimentação de estrutura frágil com pendor para SW (N62°W, 78°SW) (**a**). A cataclase induzida por movimentação da falha é acompanhada da precipitação de agregados minerais de coloração escura, presumivelmente arsenopirite e, potencialmente, ouro (**b**). Importa referir que a imagem (**b**) corresponde a secção do tecto da galeria, pelo que, o sistema de planos c e s sugerem uma cinemática falsa, na realidade esquerda em planta (**c**) [855; G; 77]; **K** – Falha com pendor variável (A1 – N79°E, 79°N; A2 – N81°E, 80°S), cortando corpo de quartzo leitoso com orientação N43°W, 68°SW, acompanhada por

cataclase intensa que concorre para a brechificação do material silicioso e da rocha encaixante, subsequentemente selada por quartzo (a). O evento de brechificação (possivelmente desencadeado sob regime de pressão hidráulica elevada) tem condições para abrir descontinuidades pré-existentes, neste caso, planos de estratificação (1). Esta exposição documenta zona de coalescimento, marcada pela abertura de espaço colmatado por material silicioso e inclusão de fragmentos de rocha encaixante, entre falhas com pendor médio para o quadrante SW (b) [835; G; 14]; **L** – Falha com geometria ondulada (B – N84°W, 53°N) que separa domínios de composições maioritariamente pelítica e grauvacóide, e trunca corredor de cisalhamento que controla o desenvolvimento do filão de quartzo leitoso (A). Esta descontinuidade coalesce com falha inclinada para NE (C – N44°W, 45°NE), rejogando-a e originando novo plano de movimento com geometria igualmente ondulada que rejeita o corredor de cisalhamento com cinemática inversa [835; G; 7]; **M** – Corpo lenticular de quartzo leitoso (N61°W, 24°SW) afectado por zona de falha com pendor para NE (N28°W, 62°NE). A reactivação da falha concorre para a brechificação do corpo silicioso e para geração de rejeito sugestivo de cinemática inversa [855; A; 1]; **N** – Desenvolvimento de veios preenchidos por quartzo, com baixo pendor para NE (N74°W, 27°NNE) e abertura e preenchimento de planos de estratificação (marcados a amarelo e verde, respectivamente), sistematicamente a muro de corpo lenticular. Filão e corredor de cisalhamento que controla a abertura das estruturas anteriormente mencionadas encontram-se destacados a azul. [855; G; 25]; **O** – Zona de falha com orientação N80°W, 61°SSW, enchimento de quartzo leitoso (B) e ramificações de menor pendor, B1 (N80°E, 39°SSE) e B2 (N74°E, 44°SSE), cortando corredor de cisalhamento com inclinação para NE no qual se preservam efeitos atribuíveis a múltiplas reactivações (A – N57°W, 60°NE). Em detalhe, verifica-se que B se encontra internamente compartimentado (b), exibindo domínio central rico em fragmentos de rocha encaixante cimentados por agregados siliciosos com evidências de brechificação e nova selagem de quartzo (b1), semelhante ao preenchimento da falha da mesma família indicado na exposição correspondente à Figura 2-A; e domínio periférico caracterizado por quartzo leitoso maciço, sem evidências de cominuição, acompanhado de filonetes escuros potencialmente mineralizados (b2), semelhante ao preenchimento da zona de falha representada na Figura 2-I. Adicionalmente, observa-se zona de falha com pendor para N (C – N87°W, 54°N) com preenchimento quartzoso, deslocando segmento de filão com orientação idêntica a B [855; A; 18];23

Figura VI.3 – Génese, desenvolvimento e relações de corte de sistema frágil tardio – Estruturas com pendor para os quadrantes N e E: **A** – Zona de falha inversa (C – N81°E, 30°N) com preenchimentos de quartzo leitoso incluindo fragmentos de rocha encaixante. Estes preenchimentos marcam patamares, interpretados como resultado do coalescimento de descontinuidades escalonadas pré-existentes. Observa-se ainda estrutura com pendor para NE (A – N65°W, 58°NE) e cinemática inversa, cortada e rejeitada pela falha C. Esta última estrutura rejeita falha com inclinação para SSW (B – N73°W, 80°SSW) e fendas preenchidas com quartzo leitoso e agregados oxidados subconcordantes com S_0 (1). Embora os rejeitos não sejam geometricamente compatíveis com a cinemática inversa sugerida pelo arraste das superfícies de estratificação, o corte aparente apresentado pode ser justificado se for admitida componente de movimento horizontal direita [835; A; 8]; **B** – Falhas inversas com pendores para N e E (A – N80°W, 35°N; B – N15°W, 35°E) cujos arrastes sugerem movimentação simultânea de ambas as estruturas. Na zona de falha A, verifica-se desenvolvimento de fenda de quartzo com fragmentos de rocha encaixante, como resultado do coalescimento de descontinuidades escalonadas, tal como observado no afloramento da Figura 3-A [835; A; 13]; **C** – Falha com pendor para E (B – N6°W, 62°E) e componente de movimento inversa direita, truncando falha inversa com inclinação para o quadrante SW (A – N65°W, 78°SW) e componente de movimentação inversa esquerda. A interpretação da componente de movimento de ambas as estruturas baseia-se na deflexão de S_0 associada [835; A; 19]; **D** – Falha inversa com atitude N7°W, 42°E (A) cortada por corredor de cisalhamento com pendor para NE (B – N60°W, 60°NE) ao longo da qual se desenvolvem e coalescem fendas de quartzo leitoso e agregados oxidados com preservação de segmentos de encaixante, geometricamente condicionada por planos de estratificação de domínio pelítico negro. A faixa de coalescimento de fendas apresenta nível de arsenopirite grosseira associado ao bordo SW (b) e

ramificações com atitude N59°E, 14°NW (1a). A falha A intersecta conjunto de fendas alinhadas (1b) com preenchimento mineral semelhante ao presente na faixa de coalescimento; estas fendas podem corresponder a estruturas subsidiárias do corredor de cisalhamento, indicando assim cinemática inversa. Deste modo, a falha A é posterior aos eventos mais precoces de movimentação do corredor com pendur NE, mas possivelmente anterior ou contemporânea dos mais recentes [835; A; 25]; **E** – Falha com pendur para o quadrante N (N70°W, 50°NNE) rejeitando falha com inclinação para E (NS, 70°E) através de cinemática inversa esquerda. O esquema apresentado revela os indicadores geométricos a partir dos quais é deduzida a cinemática do acidente com pendur para N [855; A; 87]; **F** – Bloco diagrama ilustrando a compatibilidade cinemática entre os conjuntos de descontinuidades com pendur para N e E, considerando contemporaneidade de movimento num sistema conjugado de falhas.26

Figura VI.4 – Desenvolvimento e disposição espacial de preenchimentos siliciosos precoces – 3ª e 4ª gerações de estruturas: **Figura A** – Preenchimentos de quartzo de tonalidade escura desenvolvidos ao longo dos planos de estratificação (1 – N25°W, 50°NE), correspondentes à 3ª geração de estruturas catalogadas, cortados posteriormente por dois grupos de fendas (2a – N50°W, 82°SW e 2b – N16°W, 50°NE), cujo enchimento mineral deverá corresponder à 4ª geração de quartzo identificada. Neste caso, as fendas de fraco pendur para NE (2b) cortam as fendas com inclinação elevada para SW (2a) [855; A; 67]; **Figura B** – Fendas de quartzo com orientação N54°W, 82°SW (1) rejeitadas por descontinuidades oblíquas a S₀ e pendur para NE (orientação idêntica à das fendas 2b identificadas no afloramento da Figura 4-A). Note-se a presença de filonetes dobrados de quartzo endurecido dispostos subperpendicularmente a S₀ (2), correspondentes à 2ª geração de estruturas catalogada no capítulo IV [855; A; 61]; **Figura C** – Fendas de quartzo ligeiramente oblíquas a S₀ (1a – N50°W, 78°NE; 1b – N76°W, 78°NE), cujo escalonamento sugere abertura sob regime inverso direito [855; A; 55]; **Figura D** – Representação esquemática do cisalhamento imposto aos flancos das dobras durante o dobramento flexural achatado regional que, considerando a resistência relativa dos níveis metassedimentares grauvacóides à acomodação de deformação por achatamento e fluência, concorre para a abertura de espaço ao longo dos planos de estratificação destas sequências, especialmente na zona apical da estrutura; **Figura E** – Ilustração esquemática da geração de fendas, e subsequentemente sistemas Riedel, associados aos flancos longos e curtos das dobras com vergência para Sul.....28

Figura VII.1 – Características microscópicas dos agregados cristalinos que tipificam as diferentes gerações quartzo identificadas: **A** – Filonete dobrado preenchido por Qz II. O agregado cristalino desenvolve fabric subparalelo aos planos de estratificação e exibe efeitos de recuperação dinâmica total (**A1**). Pontualmente, os subgrãos apresentam contactos rectos entre si e formas aproximadamente poligonais, sugerindo recristalização do agregado cristalino (**A2**) [#EG-13; LT-X (A1 & A2); Ampl. 5x (A1) & Ampl. 10x (A2)]; **B** – Agregado cristalino típico de preenchimento silicioso pertencente 3ª geração (Qz III). O agregado apresenta efeitos de forte subgranulação (80-90°) e fabric alinhado com S₀ marcado por indentação e estiramento mineral (C/L > 3) dos cristais de quartzo (**B1**). Em corredores de acomodação preferencial de deformação verifica-se incremento da intensidade de estiramento mineral (C/L > 8), acompanhado de intensa subgranulação (**B2**) [#EG-08 (B1) & #EG-13 (B2); LT-X (B1 & B2); Ampl. 5x (B1 & B2)]; **C** – Fendas preenchidas por Qz IV (**C1**). Note-se os efeitos de subgranulação intergranular (30-40°), e o crescimento atáxico (Ataxial fibrous veins) dos cristais de quartzo, estendendo-se ao longo de toda a largura da estrutura que os hospeda (**C2**) [#EG-04; LT-X (C1 & C2); Ampl. 5x (C1) & Ampl. 10x (C2)]; **D** – Agregado cristalino típico de 5ª geração (Qz V). Por norma, os cristais de quartzo encontram-se fracamente orientados e indentados. Não raramente apresenta bandas de deformação, resultantes da acomodação de defeitos planares intracristalinos em condições de relativa baixa temperatura (**D1**). Ocasionalmente desenvolvem-se mantos de subgranulação inter a intragranulares (**D2**) [#EG-13 (D1) & #EG-10 (D2); LT-X (D1 & D2); Ampl. 5x (D1) & Ampl. 10x (D2)]; **E** – Agregado silicioso inequigranular pertencente à 6ª geração (Qz VI) constituído por grãos não orientados e com formas subeuédricas a anédricas (**E1**). Frequentemente verifica-se instalação de corredores de cisalhamento que afectam estes agregados, concorrendo para esmagamento/cominuição

do grão (**E2**) [#EG-20; LT-X (E1 & E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Agregado de Qz VII composto por grãos não orientados, com hábito subeuédrico, e contactos suaves e pouco irregulares entre si (**F1** e **F2**) [#EG-21 (F1) & #EG-20 (F2); LT-X (F1 & F2); Ampl. 5x (F1 & F2)]; **G** – Agregado cristalino de Qz VIIa constituído por grãos não orientados com formas subeuédricas a euédricas, e contactos rectos e regulares entre si [#EG-23; LT-X; Ampl. 5x]; **H** – Preenchimento mineral no qual o quartzo (Qz VIIIb) corresponde apenas a fase acessória e ocorre sob a forma de cristais euédricos de grandes dimensões. Estes preenchimentos são tipicamente dominados por carbonato [#EG-07; LT-X; Ampl. 5x].....32

Figura VII.2 – Relações de corte entre gerações de preenchimentos siliciosos estéreis desenvolvidas antes do evento mineralizante: **A** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), reaberto e preenchido por Qz III. [#EG-13; LT-X; Ampl. 5x]; **B** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), reaberto e preenchido por Qz IV [#EG-15; LT-X; Ampl. 10x]; **C** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), intersectado por fenda preenchida por Qz III [#EG-09; LT-// (C1) & LT-X (C2); Ampl. 5x (C1 & C2)]; **D** – Fenda preenchida por Qz IV a cortar estrutura de 3ª geração (Qz III). Note-se a interferência do crescimento atáxico de Qz IV no fabric de Qz III [#EG-04; LT-X; Ampl. 5x]; **E** – Estrutura com Qz IV reaberta e posteriormente preenchida por Qz VIIIa [#EG-04; LT-X; Ampl. 5x]; **F** – Deposição de Qz V por reabertura de fenda pré-existente de Qz III [#EG-06; LT-// (F1) & LT-X (F2); Ampl. 5x (F1 & F2)];34

Figura VII.3 – Diversidade textural e mineralógica dos efeitos do evento mineralizante em contexto filoniano: **A** – Corredor de cisalhamento que concorre para deformação acentuada dos agregados de Qz VI (**A1**). Este evento controla a precipitação de Apy I (**A2**), frequentemente associada a agregados de filossilicatos aprisionados nos corpos filonianos que, por sua vez, tendem a recrystalizar (Ms I) [#EG-22a; LT-X (A1) & LR-// (A2); Ampl. 5x (A1 & A2)]; **B** – Corredores de cisalhamento com direcção variável (50-100° relativamente à aresta longa da lâmina polida), que promovem o desenvolvimento de faixas de esmagamento e forte cominuição do grão da matriz siliciosa (Qz VI) [#EG-24; LT-X; Ampl. 5x]; **C** – Precipitação de Apy II + Py I, marcada por diversos ciclos de precipitação e esmagamento (**C2**), controlada pelas estruturas de cisalhamento tardias que afectam os corpos filonianos (**C1**) [#EG-24; LR-// (C1 & C2); Ampl. 5x (C1) & Ampl. 40x (C2)]; **D** – Precipitação de Apy II + Mrc I, marcada por diversos ciclos de precipitação e esmagamento (**D2** e **D3**), controlada pelas estruturas de cisalhamento tardias que afectam os corpos filonianos (**D1**) [#EG-20; LR-// (D1), LR-X (D2), IC (D3); Ampl. 5x (D1 & D2)]; **E** – Precipitação de Apy II + Mrc I controlada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam os corpos lenticulares (**E1** e **E2**). Os elementos da brecha encontram-se cimentados por Qz VII [#EG-20; LR-// (E1) & LR-X (E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Precipitação de Apy II + Sp I + Po controlada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam aos corpos lenticulares [#EG-20; LR-//; Ampl. 5x]; **G** – Precipitação de Elect condicionada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam aos corpos lenticulares. A deposição desta liga metálica encontra-se espacialmente associada a Apy I (?) pré-existente [#EG-20; LR-//; Ampl. 10x]; **H** – Reabertura dos corredores de cisalhamento que controlam a precipitação de Apy I (**H1**), seguida de deposição de Qz VII + Apy II (**H1** e **H2**). Pontuações de Gn realçam a fronteira entre as duas gerações de Apy (**H3**) [#EG-22b; LT-X (H1), LR-// (H2), IC (H3); Ampl. 5x (H1 & H2)]; **I** – Precipitação de Apy II + Py I + Sp I, imediatamente seguida de Gn I + Ulm I (**I1**), pontualmente acompanhada de Elect (**I2**) [#EG-22b; LR-// (I1 & I2); Ampl. 10x (I1) e Ampl. 40x (I2)]; **J** – Precipitação de Apy II + Qz VII ao longo de planos de estratificação (**J2**). Note-se a íntima relação espacial entre Apy II e os agregados de filossilicatos pré-existentes (**J1**) [#EG-21; LT-X (J1) & LR-// (J2); Ampl. 5x (J1 & J2)]; **K** – Mrc I a envolver Apy II, Py Ia e Ccp Ia [#EG-21; LR-//; Ampl. 40x]; **L** – Deposição de Apy II + Py Ia + Ccp Ia seguida de Py Ib + Gn I + Ttr (**L1**). Note-se a relação textural entre Py Ib e Gn I, encontrando-se a última sob a forma de “palhetas” inclusas na primeira (**L2**) [#EG-21; LR-// (L1) & IC (L2); Ampl. 10x (L1)]; **M** – Gn I + Ttr + Ccp Ib (**M2**) a preencher espaços de agregado pré-existente de Apy II + Py Ia + Ccp Ia + Sp I (**M1**). Frequentemente, Apy II apresenta inclusões de Po (**M1**). A linha vermelha a tracejado pretende marcar a fronteira entre Ccp Ia (acompanhada de Sp I) e Ccp Ib (acompanhada de Ttr). Importa também clarificar que o mapa composicional para Cu apresenta sobreposição espectral com o mapa composicional para Zn [#EG-21; LR-// (M1) & IC (M2); Ampl. 40x]; **N** – Reabertura de corredor de cisalhamento com Apy II (**N2**) e precipitação de Cb II (**N1**) [#EG-20; LT-X (N1) & LR-// (N2); Ampl. 5x (H1 & H2)]; **O** – Abertura de fenda oblíqua aos corredores de cisalhamento mais precoces que

controlam a deposição de Apy I (**O2**), e precipitação de Cb II (**O1**) [#EG-22a;LT-X (O1) & LR-// (O2); Ampl. 5x (O1 & O2)]; **P** – Fragmentação do agregado silicioso e cimentação por carbonato rico em Fe (Cb IIa) [#EG-21;LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x]; **Q** – Brechificação ao longo de corredores estruturais correlacionáveis com os que controlam a deposição de Apy II, seguida de precipitação de Cb IIb (**Q1**) acompanhado de Py II \pm Sp II (**Q2**) [#EG-24;LT-X (Q1) & LR-// (Q2); Ampl. 5x (Q1 & Q2)]; **R** – Preenchimento de Cb IIc (**R1**) e Gn II \pm Ag_xS_y (**R2**) [#EG-18;LT-X (R1) & LR-// (R2); Ampl. 5x (R1 & R2)]; **S** – Cb IIc cortando o preenchimento anterior de Cb IIa [#EG-18;LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x]; **T** – Preenchimentos mais precoces de Cb IIa (contendo Fe) cortados por cortejo de fendas preenchidas por Cb IIc [#EG-24;LT-X (esquerda) & LR-// (direita); Ampl. 5x]; **U** – Reabertura dos corredores de cisalhamento precoces que controlam a deposição de Apy I (**U2**) e preenchimento por Cb IIc (**U1**) [#EG-24;LT-X (U1) & LR-// (U2); Ampl. 5x (U1 & U2)]....37

Figura VII.4 – Diversidade textural e mineralógica dos efeitos do evento mineralizante em contexto metassedimentar: **A** – Precipitação de Apy II em planos de estratificação (**A1**), bordos de fendas pré-existent (A2) e fragmentos segmentados de encaixante metapelítico aprisionado no seio de fendas subconcordantes com S₀ (**A3**). Notar a precipitação de franjas de quartzo (Qz VII) cuja orientação marca a direcção de abertura (**A1**) [#EG-13 (A1);LR-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x. #EG-13 (A2);LR-// (base) & LT-X (topo); Ampl. 5x. #EG-18 (A3);LR-// (base) & LT-X (topo); Ampl. 5x]; **B** – Precipitação de Py Ia + Qz VII em espaço criado na dependência de dilatações locais geradas em fendas de Qz V [#EG-06; LT-X (B1) & LR-// (B2); Ampl. 5x (B1 & B2)]; **C** – Fracturas inter a transgranulares em Qz V preenchidas por Cb Ia + Ms Ib [#EG-10; LT-X; Ampl. 5x]; **D** – Mantos de subgranulação intergranular em agregado de Qz V [#EG-10; LT-X; Ampl. 5x]; **E** – Partição local da deformação e desenvolvimento de corredor de cisalhamento em fenda de Qz V, subsequentemente preenchido por Cb Ia + Ms Ib (**E1**). Note-se a fragmentação da Py Ia pré-existente (**E2**) [#EG-06; LT-X (E1) & LR-// (E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Py Ib, acompanhada de Ccp I, perturbando estrutura interna de crescimento de Py Ia [#EG-03; LR-//; Ampl. 40x]; **G** – Py Ia cortada por Ccp I + Sp I \pm Py Ib (**G1**); adicionalmente, verifica-se a presença de Gn I (**G2**) [#EG-03; LR-// (G1) & IC (G2); Ampl. 40x (G1)]; **H** – Py Ia cortada por Ccp I (**G1**); observam-se ainda grãos micrométricos de Gdf I (**G2**) [#EG-03; LR-// (H1) & IC (H2); Ampl. 40x (H1)]; **I** – Apy II fragmentada cujas fracturas se encontram preenchidas por Gn I + Ccp I [#EG-18; LR-//; Ampl. 40x]; **J** – Substituição de contacto de material encaixante com fenda de Qz III [#EG-10; LT-X (esquerda), LR-X (centro) & LR-X (direita); Ampl. 5x]; **K** – Matriz de Ms Ic + Chl I + Rt I \pm Cb Ib resultante da substituição de porções (metapelíticas) do encaixante metassedimentar [#EG-18; IC]; **L** – Agregados de Ms Ic + Chl I + Rt I \pm Cb Ib aprisionados em fendas de Qz V. A forma e disposição destes agregados é compaginável com o aprisionamento de fragmentos de encaixante por coalescimento das fendas que hospedam Qz V [#EG-03; LT-// (esquerda) & LR-X (direita); Ampl.5x]; **M** – Precipitação de agregados Chl II + Ms II ao longo de planos de estratificação, cortando preenchimentos de Cb Ia + Ms Ib anteriores [#EG-03; LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl.5x]; **N** – Faixas de cisalhamento instaladas em estrutura de Qz III na dependência das quais se geram fendas subsequentemente preenchidas por Chl II [#EG-09; LT-X; Ampl.5x]; **O** – Preenchimento de Chl II ao longo do bordo de estrutura de 4ª geração e das fronteiras intergranulares da matriz de Qz IV que a preenche [#EG-13; LT-X; Ampl.5x]; **P** – Estrutura dobrada (2ª geração) reaberta e repreenchida por Qz VIIa [#EG-15; LT-X; Ampl.5x]; **Q** – Fenda de 4ª geração (Qz IV) reaberta e repreenchida por Qz VIIa + Chl III + Cb IIa [#EG-04; LT-X; Ampl.5x]; **R** – Fenda de 4ª geração (Qz IV) reaberta e repreenchida por Qz VIIa + Cb IIa + Mrc II + Sp IIa + Gn IIa [#EG-04; LT-X; Ampl.5x]; **S** – Deposição de Qz VIIa + Chl III + Mrc II + Py II, seguida de Cb IIa + Gn IIa \pm Ms IIIa, em espaço criado por reabertura de fendas preenchidas por Qz IV. Note-se que Chl III abrange duas variedades de clorite: (i) cor de interferência anómala castanha, frequentemente gerando agregados em leque/roseta (mais precoce), e (ii) cor de interferência anómala azul, frequentemente vermicular (mais tardia) [#EG-03; LT-X (S1) & LR-// (S2); Ampl. 5x (S1) & Ampl. 10x (S2)]; **T** – Precipitação de Qz VIIa + Chl III + Fsp, seguida de Cb IIa acompanhado de Mlr + Py II + Sp IIa + Gn IIa [#EG-23; LT-X + IC; Ampl.5x]; **U** – Relação espacial íntima entre preenchimentos de Qz IV e Qz VIIa [#EG-02; LT-X; Ampl.5x]; **V** – Fenda tardia preenchida por Cb IIb + Ms IIIb + Qz VIIb + Ccp IIb + Ulm [#EG-07; LT-X + IC; Ampl.5x]; **W** –

Precipitação de Sp IIb + Brn associadas a Cb IIb [#EG-01; LR-//; Ampl.5x]; **X** – Reabertura de fenda preenchida por Qz IV e precipitação de Cb IIb [#EG-11; LT-X; Ampl.10x]; **Y** – Reabertura de fenda subconcordante com S₀ e precipitação de Cb IIb. Este carbonato corresponde ao mineral de cor rosada desconhecido identificado no capítulo IV [#EG-19; LT-X; Ampl.5x]; **Z** – Sistema conjugado de deslizamento que promove a abertura de fendas subperpendiculares ao eixo do testemunho (representação esquemática de secção da lâmina delgada polida referente a amostra EG-13). À macroescala, mais concretamente na Amostra EG-11, também se identifica a génese das fendas anteriormente enunciadas.42

Figura VII.5 – Características texturais e mineralógicas de exemplares de rocha ígnea e nódulos carbonatados associados a leitos siliciclásticos: **A** – Impregnação de rocha siliciclástica e precipitação de carbonato (presumivelmente Cb IIb). O fabric original da rocha encontra-se marcado por alinhamentos de agregados orientados de mica [#EG-12; LT-// (A1) & LT-X (A2); Ampl.5x (A1 e A2)]; **B** – Matriz fanerítica e isótropa da rocha ígnea (**B1**), cuja mineralogia primária se encontra totalmente obliterada (**B2**) [#EG-16; LT-// (B1) & LT-X (B2); Ampl.5x (B1 e B2)]; **C** – Mineralogia secundária produto da alteração da rocha ígnea [#EG-16; IC (C1 & C2)]; **D** – Possíveis sombras de secções basais de cristais de anfíbola preservadas na rocha ígnea [#EG-16; LT-//; Ampl. 5x]; **E** – Possíveis sombras de secções longitudinais de cristais de feldspato preservadas na rocha ígnea [#EG-16; LT-//; Ampl. 5x]; **F** – Efeitos resultantes do processo de silicificação da rocha ígnea [#EG-16; LT-// (F1) & LT-X (F2); Ampl.5x (F1 e F2)]; **G** – Efeitos resultantes do processo de carbonatação da rocha ígnea [#EG-14; LT-// (G1) & LT-X (G2); Ampl.5x (G1 e G2)]; **H** – Precipitação de Py (presumivelmente Py I) associada ao evento de carbonatação da rocha ígnea [#EG-14; LT-X + LR-//; Ampl. 5x]; **I** – Efeitos resultantes de impulsos tardios das falhas com pendor para SSW, semelhantes aos verificados em contexto filoniano, iniciando-se pela precipitação de Cb rico em Fe (Cb IIa), seguido da deposição, em regime transtensivo, de Cb IIc. Notar a similaridade do comportamento reológico da rocha ígnea silicificada e dos filões quartzosos [#EG-17; LT-// (I1) & LT-X (I2); Ampl. 5x (I1 e I2)]; **Figura J** – Matriz siliciosa referente ao fragmento incluso na rocha ígnea, com características semelhantes aos agregados Qz V. Tardiamente, este é afectado por estruturas associadas aos de impulsos tardios das falhas com pendor para SSW, há semelhança do contexto filoniano [#EG-14; LT-X; Ampl. 5x];44

Figura VII.6 – Quadros paragenéticos para o sistema mineralizante de Escádia Grande: **A** – Sugestão de quadro paragenético descritivo da evolução mineralógica do sistema mineralizante em contexto filoniano; **B** – Sugestão de quadro paragenético descritivo da evolução mineralógica do sistema mineralizante em contexto metassedimentar; **C** – Sugestão de quadro paragenético descritivo da evolução mineralógica geral do sistema mineralizante de Escádia Grande. Face à diminuta influência de gradientes químicos locais em contexto filoniano, primou-se a sequência deposicional neste contexto em detrimento do contexto metassedimentar. Note-se que esta compilação pressupõe as seguintes alterações: (i) Py Ia engloba a Py Ia e Py Ib do quadro paragenético para o contexto metassedimentar; (ii) Py II, Sp IIa/IIb, Gn IIa/IIb, Ulm I, Cb IIa/IIb, Ms Ia/Ib/Ic, Ms II, e Ms IIIa/IIIb em contexto metassedimentar, correspondem a Py III, Sp IIIa/IIIb, Gn IIIa/IIIb, Ulm II, Cb IIIa/IIIb, Ms IIa/IIb/IIc, Ms III, e Ms IVa/IVb no quadro paragenético geral sugerido, respectivamente.45

Figura VIII.1 – Compilação dos dados de química mineral para todas as fases minerais documentadas. Esta organização visa encurtar a paginação destinada ao capítulo VIII e está em concordância com a legenda esquemática apresentada na base da exposição (* - parte 1; ** - parte 2): **1** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a arsenopirite I, em wt% (n = 19); **2** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a arsenopirite II, em wt% (n = 70); **3** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a calcopirite Ia (3a) e calcopirite Ib (3b), em wt% [n = 36 e n = 3, respectivamente]; **4** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a calcopirite IIa, em wt% (n = 15); **5** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a esfalerite I, em wt% (n = 13); **6** – Estatística descritiva dos dados de química

mineral obtidos para a esfalerite IIIa (6a) e esfalerite IIIb (6b), em wt% [n = 10 e n = 22, respectivamente]; **7** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a galena I, em wt% (n = 10); **8** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a galena II, em wt% (n = 6); **9** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite Ia, em wt% (n = 51); **10** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite Ib, em wt% (n = 26); **11** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite III, em wt% (n = 12); **12** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a marcassite I, em wt% (n = 24); **13** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a marcassite II, em wt% (n = 9); **14** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirrotite, em wt% (n = 3); **15** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a Bournonite, em wt% (n = 3); **16** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para electrum, em wt% (n = 6); **17** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a tetraedrite, em wt% (n = 4); **18** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para pyrargyrite/pyrostilpnite, em wt% (n = 2); **19** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato I, em wt% (n = 33); **20** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIa, em wt% (n = 6); **21** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIb, em wt% (n = 3); **22** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIc, em wt% (n = 8); **23** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIa, em wt% (n = 20); **24** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIb (1), em wt% (n = 22); **25** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIb (2), em wt% (n = 21); **26** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para clorite I (26a; n = 8), clorite II (26b; n = 31), clorite III_A (26c; n = 25) e clorite III_C (26d; n = 14) em wt%. Notas: (1) As análises anteriormente descartadas não foram consideradas nos cálculos. (2) Componentes marcados com (*) não apresentam valores de concentração estatisticamente representativos, isto é, a maioria das leituras para esses constituintes encontram-se abaixo dos respectivos limites de detecção; **27** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a albite, em wt% (n = 14); **28** – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para rútilo em zonas de substituição (28a; n = 14) e na rocha ígnea (28b; n = 2), em wt%; **29** – Estatística descritiva dos dados de química mineral de agregados de flúor-apatite em (29a) Zonas de substituição [n = 15]; (29b) Rocha ígnea [n = 4]; e (29c) Carbonato tardio [n = 4]. Nota: Componentes marcados com (*) encontram-se abaixo do limite de detecção.....48

Figura VIII.2 – Razões Fe/As vs. As/S mostrando a tendência para empobrecimento progressivo em As da arsenopirite II. Esta tendência é marcada pela precipitação de pirite e/ou marcassite, tal como demonstrado pela imagem composicional. Nesta exposição, a arsenopirite mais precoce (**Apy IIa**), com teores mais elevados em As (mais clara), é subsequentemente envolvida por agregados de marcassite e arsenopirite euédrica, com formas losângicas (**Apy IIb**), mais pobre em As (mais escura).50

Figura VIII.3 – Diagrama triangular com os três componentes principais das gerações de carbonato descritas: Siderítica (FeCO_3), Magnesítica (MgCO_3) e Dolomítica (CaCO_3).55

Figura VIII.4: A – Carácter dioctaédrico das micas potássicas analisadas, não obstante ligeiro desvio no sentido trioctaédrico (**A1**). A projecção **A2** ilustra o efeito do vector de substituição Tschermak; **B** – Projecção $(\text{Al})^{\text{iv}} + (\text{R}^+)^{\text{xii}}$ vs. $(\text{Si})^{\text{iv}} + \square^{\text{xii}}$ documentando o efeito do vector de substituição pirofilitico; **C** – Projecção F vs. $(\text{R}^{2+})^{\text{vi}}$ procurando investigar uma possível relação entre a incorporação de catiões divalentes e o flúor (potencial marcador de alguns componentes do fluido hidrotermal). **Nota:** RI = Rocha ígnea.....57

Figura VIII.5: A – Projecção $(\text{Fe})^{\text{vi}}$ vs. $(\text{Mg} + \text{Mn})^{\text{vi}}$ que coloca as 3 gerações de clorite entre a solução sólida chamosite/clinoclóro – amesite, verificando-se predominância da componente chamosítica/clinoclórica; **B** – Projecção $2(\text{Al}^{3+})^{\text{vi}} = (\text{R}^{2+})^{\text{vi}} + (\text{Ti}^{4+})^{\text{vi}}$ de modo a investigar a importância das substituições di-trioctaédricas (DT). A introdução de Ti^{4+} no vector de substituição atende às

concentrações significativas deste metal na Chl I. O vector projectado resulta da adição ao vector di-trioctaédrico inicialmente apresentado $[3(R^{2+})^{vi} = 2(Al^{3+})^{vi} + \square^{vi}]$, o vector: $3(Ti^{4+})^{vi} + \square^{vi} = 4(Al^{3+})^{vi}$; **C** – Projecção do balanço de cargas envolvido em substituições Tschermak (TK); **D** – Projecção de silício na posição tetraédrica versus catiões divalentes na posição octaédrica, procurando comparar a importância relativa os vectores de substituição anteriormente mencionados. Verifica-se que TK prepondera relativamente a DT. **Notas:** (1) Pontos assinalados com círculos desviam-se consideravelmente das tendências verificadas em cada projecção, razão pela qual correspondem a análises descartadas, não projectadas no gráfico D; (2) **RI** = Rocha ígnea, **Chl III_A** = clorite III com cor de interferência anómala azul, **Chl III_C** = clorite III com cor de interferência anómala castanha.58

Figura VIII.6 – Projecção do vector de substituição geral anteriormente apresentado.....59

Figura VIII.7 – Projecção do vector de substituição geral anteriormente apresentado.....60

Figura IX.1 – Gráficos ilustrativos da covariância entre Al e outros elementos tendencialmente imóveis (Sc e Zr), mostrando os elevados coeficientes de correlação linear. As rectas que transcrevem o ajustamento linear positivo (contendo a origem do referencial) não consideram as amostras de rocha ígnea, as quais definem um agrupamento bem definido, distinto do que caracteriza as restantes amostras.61

Figura IX.2 – Comparação de valores de concentração normalizada em elementos potencialmente discriminantes da natureza composicional da fonte de sedimentos constituintes dos diferentes tipos litológicos [P-G (n = 187), G (n = 62) e P (n = 17)].62

Figura IX.3 – Gráfico Th/Al vs. U/Al esboçando a co-variação positiva entre as duas variáveis.....63

Figura IX.4 – Projecção dos agrupamentos elementares enunciados em texto. Em cada diagrama, as rectas projectadas representam o limite a partir do qual as amostras são consideradas anómalas. As amostras localizadas no 1º quadrante, utilizando a intersecção das rectas desenhadas em cada gráfico como referência, podem ser marcadoras de domínios potencialmente mineralizados.64

Figura IX.5 – Representação gráfica da distribuição dos valores das razões (Sb+As+S)/Al, (Cu+Zn+Pb+Ni+Co+Cd)/Al e (Au+Ag+Bi)/Al ao longo dos perfis de sondagem. As linhas a tracejado marcam os limites a partir dos quais os valores de cada agrupamento elementar são considerados anómalos.65

Figura IX.6 – Disposição espacial relativa entre as 7 sondagens realizadas pela EDM e os diferentes pisos da mina de Escádia Grande. Na projecção em planta [em cima; coordenadas rectangulares com ponto central e datum localizados na Melriça (Datum 73); sistema de coordenadas ETRS89] assinalaram-se com traços os segmentos considerados anómalos, seguindo o mesmo esquema de cores utilizado na Tabela IX.1: estrelas vermelhas adjacentes aos traços que marcam estruturas filonianas preenchidas por Qz VI, presumivelmente desenvolvidas sob influência do corredor de cisalhamento regional; os círculos marcados ao longo dos perfis de sondagens assinalam a cota dos diferentes pisos da mina. A projecção em corte (em baixo) corresponde a um plano N50°E, 57.5°NE e ilustra a sinalização dos domínios anómalos.67

Figura X.1 – Mapa ilustrativo da sobreposição parcial entre os pisos 835 e 855.....67

Figura X.2 – Representação esquemática da interpretação em corte (**A**) e planta (**B**) do **Ex. 1** (**C** ilustra o resultado tridimensional dessa interpretação). Por sua vez, **D** expõe a interpretação em planta (canto superior esquerdo) e modelos teóricos de coalescimento (lado direito) para o **Ex. 2** (canto inferior

esquerdo ilustra o resultado tridimensional dessa interpretação). Nota 1: corpos vermelhos representados nas exposições tridimensionais correspondem a filões de Qz VI. Nota 2: visto que a dimensão dos objectos varia em profundidade nas imagens tridimensionais, a escala atribuída baseia-se na distância entre os dois pisos (em A e C) e no comprimento na galeria do piso 835 (canto inferior esquerdo da imagem D).68

Figura X.3 – Gráficos ilustrativos da co-variação positiva entre Al e outros elementos tendencialmente imóveis (Sc, Zr e Yb), em termos geoquímicos.....70

Figura X.4 – Distribuição espacial dos valores de concentração (normalizados) para os elementos seleccionados [Galeria do piso 855]. As estrelas assinalam a localização dos canais de amostragem dos hasteais da galeria.71

Figura XI.1 – Representação esquemática da evolução das estruturas geradas na dependência do corredor de cisalhamento WNW-ESE/NW-SE esquerdo principal, procurando simultaneamente paralelizá-la com o modelo tri-etápico proposto em Noronha et al., (2000). O Estádio 1 marca a instalação dos corpos filonianos lenticulares (Qz VI; 1.1) e geração canais de escoamento focalizado de fluido hidrotermal, preservando fragmentos segmentados de rocha encaixante nas zonas de biselamento (1.2). O Estádio 2 regista a fragmentação não uniforme (2.2) dos filões lenticulares (face à estruturação interna anteriormente adquirida) e deposição tardia de Apy I (2.1). O Estádio 3 marca a propagação e coalescimento das falhas WNW-ESE com pendor para SSW com geometria diferente em função do escalonamento dessas descontinuidades (3.2.1 e 3.2.2); na intersecção com os filões pré-existentes podem ocorrer fenómenos de brechificação hidráulica (3.1.1), levando à precoce deposição de electrum, e génese de estruturas de fecho (3.1.2) ou fendas subsidiárias dilatantes (3.1.3). Os modelos dinâmicos baseiam-se na cartografia elaborada por Carvalho (1988a) [Modelo 1] e no mapa tectónico proposto em Burg et al, (1981).75

Figura XI.2 – Cálculo de temperaturas para as diferentes gerações de agregados de clorite através do modelo de Vidal et al. (2001) [A e C] e do geotermómetro empírico de Jowett (1991) [B e D]. Os valores de temperatura e $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ obtidos para ambos os modelos (A e B) apresentam distribuição essencialmente normal; assim, projectaram-se os valores médios e respectivos desvios-padrão para cada geração de Chl (C e D). Os dois agrupamentos de pontos resultantes da projecção dos agregados de Chl II foram tratados separadamente (Chl II_1 e Chl II_2. **Nota:** foram descartadas 3 análises de Chl III_A pelo facto de, através do geotermómetro de Vidal (2001), se obterem valores de temperatura inverosimilmente elevados, sugerindo que o modelo de solução sólida subjacente à aplicação do geotermómetro poderá não ser o mais adequado; estas análises não foram consideradas para o modelo de Jowett (1991).....77

Figura XIV.1 – Estruturas correlacionáveis com a 2ª geração de quartzo: **A** – Filonetes de quartzo escuro dobrados e cortados por estruturas características da 3ª geração, tipicamente instaladas ao longo do S_0 (Sondagem EG1702); **B** – Filonete de quartzo dobrado envolvido por um halo de silicificação, instalado num fragmento de encaixante “aprisionado” numa faixa de coalescimento de fendas de quartzo + clorite, subparalela a S_0 , correspondente à 3ª geração de estruturas (Sondagem EG1702 – Amostra EG-09); **C** – Filonetes de quartzo escuro dobrados subperpendiculares a S_0 (Sondagem EG1704).85

Figura XIV.2 – Estruturas correlacionáveis com a 3ª geração de quartzo: **A** – Quartzo escuro preenchendo estruturas cujo desenvolvimento é, de modo geral, co-planar da estratificação, englobando fragmento de encaixante (Sondagem EG1702 – Amostra EG-08); **B** – Faixa de coalescimento de fendas, registando sucessivas aberturas, preenchidas por quartzo de tonalidade escura e clorite. Note-se a inclusão de fragmento segmentado de encaixante no qual se encontra preservado um filonete de quartzo dobrado atribuído à 2ª geração de estruturas (Sondagem EG1702 – Amostra EG-09); **C** – Veio de quartzo escuro, instalado ao longo de S_0 , cortando filonete dobrado pertencente à 2ª geração de estruturas

(Sondagem EG1704); **D** – Faixas de coalescimento de fendas subparalelas à estratificação preenchidas por quartzo e clorite, cortadas por fenda oblíqua de quartzo, clorite e carbonato (Sondagem EG1704).
.....86

Figura XIV.3 – Estruturas correlacionáveis com a 4ª geração de quartzo: **A** – Fenda oblíqua a S_0 , desenvolvendo ângulo baixo com o eixo de sondagem, preenchida por quartzo leitoso, clorite, pirite e carbonato. Esta estrutura é cortada por fenda subperpendicular ao eixo longo do testemunho, com preenchimento mineral idêntico. Notar que o arranjo estrutural descrito é mimetizado a menor escala (Sondagem 1701 – Amostra EG-02); **B** – Fendas preenchidas por quartzo leitoso, clorite, pirite e ocasional carbonato, dispostas com ângulo baixo em relação à estratificação, posteriormente cortadas e rejeitadas por descontinuidade que estabelece ângulo próximo de 20° com o eixo de sondagem. Esta estrutura é subsequentemente intersectada por filonetes de quartzo, carbonato e pirite, subperpendiculares a S_0 , que rejeitam os diferentes níveis do encaixante xisto-grauvacóide (Sondagem EG1703); **C** – Veio de quartzo, clorite, pirite e carbonato rejeitado por movimentação ao longo das descontinuidades planares que materializam a estratificação, demonstrando que S_0 acomoda deformação após desenvolvimento das estruturas anteriormente identificadas. A rotação associada ao fragmento individualizado é compatível com o rejeito verificado. Este veio é subsequentemente intersectado por fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato em “escamas”, instaladas ao longo dos planos de estratificação, integrando a 5ª geração de estruturas (Sondagem EG1703 – Amostra EG-03); **D** – Fendas de quartzo, clorite e pirite subperpendiculares a S_0 , cortadas e rejeitadas por família de descontinuidades angularmente distanciadas em cerca de 70° do eixo de sondagem (Sondagem EG1703). **E** – Fendas oblíquas a S_0 , preenchidas por quartzo, clorite e pirite. Estas estruturas cortam fendas de quartzo escuro instaladas ao longo do plano de estratificação (3ª geração) e são truncadas por veios de quartzo leitoso e carbonato (Sondagem EG1704 – Amostra EG-04).....87

Figura XIV.4 – Estruturas correlacionáveis com a 5ª geração de quartzo: **A** – Faixas de coalescimento de fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato instaladas ao longo dos planos de estratificação, englobando fragmentos segmentados de encaixante (Sondagem EG1702); **B** – Fendas de quartzo, carbonato e pirite concordantes com S_0 instaladas preferencialmente em domínios pelíticos (Sondagem EG1805); **C** – Fendas preenchidas por pirite hospedadas preferencialmente em leitos de composição pelítica (Sondagem EG1805); **D** – Fendas de quartzo e pirite instaladas em planos de estratificação, com evidências de coalescimento e inclusão de fragmentos segmentados de encaixante (Sondagem EG1703 – Amostra EG-06).87

Figura XIV.5 – Estruturas correlacionáveis com a 6ª geração de quartzo: **A** – Precipitados de quartzo leitoso, acompanhados de carbonato, selando descontinuidades subperpendiculares a S_0 com evidências de brechificação. Verifica-se também a criação de espaços ao longo de planos de estratificação, subsequentemente colmatados pela mesma associação mineral. O enchimento mineral das diferentes estruturas é marcado pela presença de esfalerite (Sondagem EG1702 – Amostra EG-01); **B** – Fendas de carbonato e quartzo leitoso subperpendiculares a S_0 intersectando estruturas de 5ª geração preenchidas por pirite e quartzo + pirite, cujo desenvolvimento é condicionado pelos planos de estratificação. Estas estruturas são posteriormente truncadas por uma faixa de brechificação intensa, cimentada por quartzo leitoso e carbonato, com desenvolvimento subperpendicular ao eixo do testemunho de sondagem. Tal indica que a instalação desta geração de estruturas corresponde a um processo polifásico, decorrendo ao longo de vários impulsos (Sondagem EG1703); **C** – Fendas de quartzo leitoso e carbonato com disposição subperpendicular ao eixo de sondagem, que conservam fragmentos de rocha encaixante, sugerindo brechificação (Sondagem EG1805); **D** – Faixas de brechificação subperpendiculares a S_0 que cortam fendas de quartzo e pirite, instaladas nos planos de estratificação, pertencentes à 5ª geração de estruturas. Os fragmentos de rocha encaixante que integram as brechas são selados por quartzo leitoso e sulfuretos, maioritariamente pirite (Sondagem EG1704).88

Figura XIV.6 – Estruturas correlacionáveis com a 7ª geração de quartzo: **A** – Fendas de tracção em échelon preenchidas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza (Sondagem EG1703 – Amostra EG-07); **B** – Fendas seladas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza. Notar a presença de leitos com elementos esferoidais, possivelmente de origem vulcanoclástica, concordantes com a estratificação (Sondagem EG1805 – Amostra EG-12); **C** – Fenda preenchida por agregados de carbonato euédrico e quartzo leitoso cortando bolsada irregular de quartzo escuro, possivelmente resultante de processos de exsudação metamórfica (Sondagem EG1703 – Amostra EG-11); **D** – Bolsadas de carbonato euédrico e quartzo leitoso preenchendo espaços vazios verosimilmente gerados através de reactivação do corpo brechóide pré-existente (Sondagem EG1703); **E** – Filonete de carbonato e galena a cortar filão de quartzo leitoso com fragmentos segmentados de encaixante aos quais se associam quantidades apreciáveis de arsenopirite (Sondagem EG1805 – Amostra EG-18).89

Figura XIV.7 – Amostras colhidas a partir de testemunhos de sondagem: **EG-01** – Preenchimento típico da 6ª geração de estruturas. Precipitados de quartzo leitoso, acompanhado de carbonato, selando descontinuidades subperpendiculares a S_0 com evidências de brechificação. Verifica-se também a criação de espaços ao longo de planos de estratificação, subsequentemente colmatados pela associação mineral anteriormente enunciada. O enchimento mineral das diferentes estruturas é igualmente marcado pela presença de esfalerite; **EG-02** – Preenchimento típico da 4ª geração de estruturas. Fenda oblíqua a S_0 , desenvolvendo ângulo baixo com o eixo de sondagem, preenchida por quartzo, clorite, pirite e carbonato. Esta estrutura é cortada por fenda subperpendicular ao eixo do testemunho, com preenchimento mineral idêntico. Notar que o arranjo estrutural descrito é mimetizado a menor escala na mesma amostra; **EG-03** – Veio de quartzo, clorite, pirite e carbonato (4ª geração) rejeitado por movimentação ao longo das descontinuidades planares que materializam a estratificação, demonstrando que S_0 acomoda deformação após o início da instalação de estruturas com preenchimentos quartzosos. A rotação associada ao fragmento individualizado é compaginável com o rejeito verificado. Este veio é subsequentemente intersectado por fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato em “escamas”, instaladas ao longo dos planos de estratificação, constituintes da 5ª geração de estruturas; **EG-04** – Fendas de quartzo escuro condicionadas por planos de estratificação (3ª geração) cortadas por estruturas oblíquas a S_0 preenchidas por quartzo, clorite e pirite (4ª geração). As últimas estruturas são subsequentemente truncadas por veios de quartzo leitoso e carbonato (6ª geração); **EG-05** – Veio de quartzo e clorite (\pm epídoto \pm feldspato?), concordante com S_0 . Esta estrutura inclui segmento fragmentado de rocha encaixante grauvacóide afectado por processos de silicificação, embora preservando fendas de quartzo escuro, instaladas ao longo de S_0 , possivelmente pertencentes à 3ª geração de estruturas; **EG-06** – Preenchimento típico da 5ª geração de estruturas. Fendas de quartzo e pirite instaladas nos planos de estratificação, com evidências de coalescimento e inclusão de fragmentos segmentados de encaixante pelítico; **EG-07** – Preenchimento típico da 7ª geração de estruturas. Fendas de tracção em échelon preenchidas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza; **EG-08** – Preenchimento típico da 3ª geração de estruturas. Quartzo escuro preenchendo estruturas cujo desenvolvimento é, de modo geral, co-planar da estratificação, englobando fragmento segmentado de rocha encaixante; **EG-09** – Faixa de coalescimento de fendas, registando sucessivas aberturas, preenchidas por quartzo de tonalidade escura e clorite (3ª geração). Note-se a inclusão de fragmento segmentado de encaixante no qual se encontra preservado um filonete de quartzo dobrado atribuído à 2ª geração de estruturas; **EG-10** – Relações de corte entre múltiplas gerações de estruturas. Filonete dobrado de quartzo escuro subperpendicular a S_0 (2ª geração) truncado por fendas seladas por quartzo, clorite, pirite e carbonato dispostas com baixo ângulo relativamente à estratificação. O conjunto anterior é intersectado por fendas de quartzo, clorite, pirite e ocasional carbonato oblíquas a S_0 (4ª geração) que, por sua vez, são cortadas por filonetes de quartzo e carbonato subperpendiculares ao eixo do testemunho. Finalmente, cortando as estruturas anteriores, verifica-se a instalação de fendas de quartzo leitoso, pirite e carbonato em “escamas” desenvolvidas em leito pelítico (5ª geração); **EG-11** – Fenda preenchida por agregados de carbonato euédrico e quartzo leitoso (7ª geração) cortando bolsada

irregular de quartzo escuro, possivelmente resultante de processos de exsudação metamórfica (1ª geração); **EG-12** – Fendas de carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza (7ª geração). Notar a presença de leitos com elementos esferoidais, possivelmente de origem vulcanoclástica, concordantes com a estratificação; **EG-13** – Veio de quartzo escuro dobrado com evidência de silicificação marcada pela presença de “sombas” quartzosas escuras invadindo o encaixante pelítico. Notar a presença de alinhamentos de sulfuretos ao longo dos planos de estratificação que penetram o veio dobrado de quartzo, aparentemente sem refração significativa; **EG-14** – Rocha ígnea afectada por processos de carbonatação (e, eventualmente, silicificação), revelando fragmentos irregulares de quartzo com diferentes tonalidades, que possivelmente documentam enchimentos precoces, subsequentemente cortados e deslocados por descontinuidades estruturais discretas. O conjunto é cortado por filonete tardio de carbonato orientado com baixo ângulo relativamente ao eixo de sondagem; **EG-15** – Rocha ígnea truncando fendas de quartzo + pirite (5ª geração de estruturas), concordantes com S₀ e instaladas num horizonte de composição pelítica. Notar que o contacto do corpo intrusivo com o encaixante realiza baixo ângulo com os planos de estratificação; **EG-16** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro acompanhado de esfalerite; **EG-17** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro + carbonato + esfalerite e, subsequentemente, por veios de carbonato com crescimento mineral em espaço aberto; **EG-18** – Filão de quartzo leitoso englobando agregados escuros de filossilicatos aos quais se associam quantidades apreciáveis de arsenopirite. O conjunto é cortado por filonete de quartzo e carbonato subperpendicular ao eixo do testemunho e, posteriormente, por filonete de carbonato e galena angularmente mais próximo desse eixo; **EG-19** – Veio de quartzo e mineral de tonalidade rosada, acompanhados de quantidades subsidiárias de esfalerite e, possivelmente, galena, disposto com baixo ângulo relativamente ao eixo do testemunho; **EG-20** – Filão de quartzo leitoso com evidências de brechificação local. A brecha polimítica inclui não apenas fragmentos de material encaixante, como também de arsenopirite, e encontra-se cimentada por quartzo leitoso e carbonato. Notar a presença de filonetes escuros no seio filão (à direita), que podem corresponder a estruturas mineralizadas; **EG-21** – Veios de quartzo e clorite instalados nos planos de estratificação cortados por fendas de quartzo, clorite e carbonato ligeiramente oblíquas. Verifica-se a precipitação de sulfuretos ao longo de S₀, dando origem a filonetes preenchidos unicamente por arsenopirite. Todo o conjunto é posteriormente intersectado por veio de quartzo leitoso e carbonato disposto subperpendicularmente ao eixo do testemunho. Este veios desenvolvem-se a muro de estrutura potencialmente mineralizada; **EG-22a** – Filonetes escuros potencialmente mineralizados, ricos em arsenopirite, e alinhamentos de arsenopirite grosseira cortados por filonetes de carbonato + quartzo e truncados por nova bolsada de quartzo leitoso; **EG-22b** – Filonetes de arsenopirite cortados por descontinuidades preenchidas por quartzo leitoso; **EG-23** – Faixa de brechificação, com fragmentos de rocha encaixante cimentados por quartzo e clorite, preservando evidências para fragmentação polifásica e diversos eventos de selagem. As diferentes tonalidades do quartzo suscitam a possibilidade de haver graus de endurecimento e recuperação dinâmica distintos (a confirmar com estudo petrográfico); **EG-24** – Brecha afectando filão de quartzo leitoso, subsequentemente cimentada por pirite (+ sílica?). Descontinuidade que corta o eixo do testemunho com ângulo próximo de 45° sendo preenchida por agregados negros de filossilicatos aos quais se associam quantidades importantes de arsenopirite. Nota: Esta constitui a única amostra colhida de uma sondagem que não integra as enunciadas no capítulo IV. Esta amostra pertence à sondagem EG1807.91

Figura XIV.8 – Amostras colhidas a partir da colecção do IST: EG_REF1 – Filão de quartzo leitoso cujo desenvolvimento polifásico terá sido desencadeado por sucessão polifásica de eventos, preservando uma faixa central brechificada (acompanhada de precipitação de sulfuretos, nomeadamente arsenopirite) que possivelmente documenta a acção de sobrepressão de fluidos durante os estádios precoces de evolução do filão. Fenda tardia de carbonato corta filonetes preenchidos por arsenopirite, potencialmente mineralizados; **EG_REF2** – Quartzo leitoso intersectado por descontinuidades preenchidas por agregados escuros de filossilicatos acompanhados de arsenopirite. Este conjunto é cortado subsequentemente por fendas preenchidas com galena e quantidades acessórias de carbonato;

EG_REF3 – Faixa de brechificação marcando o bordo de filão. Durante o evento de brechificação ocorre precipitação de sulfuretos, essencialmente pirite e arsenopirite, espacialmente associada aos fragmentos pelíticos. A brecha encontra-se cimentada por quartzo com diferentes tonalidades; **EG_REF4** – Quartzo com várias tonalidades cortado por filonetes de arsenopirite, potencialmente mineralizados. Subperpendicularmente a estes verifica-se a presença de descontinuidade com galena tardia desenvolvendo agregados “esferoidais”; **EG_REF5** – Quartzo leitoso cortado por descontinuidades anastomosadas preenchidas por galena e carbonato. Localmente, registam-se efeitos imputáveis a eventos de cataclase que concorrem para a cominuição do quartzo, sendo os fragmentos subsequentemente cimentados pelas fases minerais anteriormente enunciadas; **EG_REF6** – Veio de quartzo leitoso cortando e abrindo “corredor” de arsenopirite grosseira previamente desenvolvido, incluindo, inclusive, fragmento de agregado desta fase mineral; **EG_REF7** – Brecha polimítica constituída por fragmentos de encaixante metassedimentar e de quartzo recristalizado, cimentados por agregados quartzosos de várias tonalidades, possivelmente correspondentes a diferentes enchimentos; **EG_REF8** – Filão de quartzo leitoso intersectado por denso conjunto de filonetes escuros de arsenopirite, potencialmente mineralizados. Observa-se igualmente a presença de “corredor” de arsenopirite grosseira subparalelo às estruturas anteriormente enunciados; **EG_REF9** – Intercalação condensada de quartzo com diversas tonalidades, podendo sugerir diferentes graus de endurecimento e/ou disseminações de arsenopirite. Regista-se a presença de filonetes escuros instalados entre preenchimentos quartzosos com tonalidades distintas; **EG_REF10** – Quartzo escuro com diferentes tonalidades e filonetes de arsenopirite; o conjunto é cortado por veio de quartzo leitoso subparalelo às estruturas anteriores.....94

Figura XIV.9 – Espectro de EDS referente à geração II de Gersdorfite.111

Figura XIV.10 – Espectro de EDS referente às fases Ag_xS_y114

Figura XIV.11 – Limites de detecção relativos às análises de rocha total de testemunhos de sondagem e amostragem em canal em galeria.121

Figura XIV.12 – Mapa referente à amostragem em canal realizada na galeria do piso 855. Exposição elaborada pela empresa EDM (Daniela Lobarinhas).122

Lista de Tabelas

Tabela III.1 – Amostras colhidas a partir de testemunhos de sondagem e do arquivo do IST, com respectivas referências e quantidade de lâminas polidas produzidas.	11
Tabela IV.1 – Coordenadas, azimutes, inclinações e comprimentos das sondagens projectadas pela EDM. Nota: Coordenadas rectangulares com ponto central e datum localizados na Melriça (Datum 73) [Sistema de coordenadas ETRS89]. Sondagens com (*) não foram descritas.	13
Tabela IX.1 – Domínios anómalos intersectados pelas diferentes sondagens e respectiva descrição macroscópica. A cor de cada segmento é atribuída em função do tipo de estrutura intersectada: Filão de quartzo [magenta], Zona de falha (ZF)/Brecha [cinzento] ou Rocha metassedimentar (RM) com disseminação de sulfuretos e/ou cortada por filonetes quartzosos [amarelo].	65
Tabela XIV.1 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais e fases portadoras de Au e Ag.	95
Tabela XIV.2 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Carbonatos.	95
Tabela XIV.3 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Mica.	96
Tabela XIV.4 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Clorite.	96
Tabela XIV.5 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Albite.	97
Tabela XIV.6 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Rútilo.	98
Tabela XIV.7 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Flúor-apatite.	99
Tabela XIV.8 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Monazite e Xenótimo.	100
Tabela XIV.9 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para sulfuretos, sulfossais e fases portadoras de Au e Ag.	101
Tabela XIV.10 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para carbonatos.	102
Tabela XIV.11 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para micas.	102
Tabela XIV.12 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para clorites. ..	102
Tabela XIV.13 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para albite.	102
Tabela XIV.14 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para rútilo (esquerda) e fosfatos (direita).	103
Tabela XIV.15 – Análises representativas das gerações I e II de Arsenopirite, em wt%.	104
Tabela XIV.16 – Análises representativas das gerações I e II de Arsenopirite, em a.p.f.u.	104
Tabela XIV.17 – Análises representativas das gerações Ia, Ia (Var. Castanha), Ib e IIa de Calcopirite, em wt%.	105

Tabela XIV.18 – Análises representativas das gerações Ia, Ia (Var. Castanha), Ib e IIa de Calcopirite, em a.p.f.u.....	105
Tabela XIV.19 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), IIIa e IIIb de Esfalerite, em wt%.	106
Tabela XIV.20 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), IIIa e IIIb de Esfalerite, em a.p.f.u.	106
Tabela XIV.21 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), II e IIIa de Galena, em wt%..	107
Tabela XIV.22 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), II e IIIa de Galena, em a.p.f.u.	107
Tabela XIV.23 – Análises representativas das gerações I, Ib, II e III de Pirite, em wt%.....	108
Tabela XIV.24 – Análises representativas das gerações I, Ib, II e III de Pirite, em a.p.f.u.	108
Tabela XIV.25 – Análises representativas das gerações I e II de Marcassite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	109
Tabela XIV.26 – Análises representativas de Pirrotite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	109
Tabela XIV.27 – Análises representativas de Millerite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	110
Tabela XIV.28 – Análises representativas da geração I de Gersdorfite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	110
Tabela XIV.29 – Análises representativas das gerações I e II de Ulmanite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	111
Tabela XIV.30 – Análises representativas de Bournornite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita). ..	112
Tabela XIV.31 – Análises representativas de Electrum, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	112
Tabela XIV.32 – Análises representativas de Tetraedrite – Freibergite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	113
Tabela XIV.33 – Análises representativas de Pyrargite/Pyrostilprite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	113
Tabela XIV.34 – Análises representativas das gerações I e IIa de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	114
Tabela XIV.35 – Análises representativas das gerações IIb e IIc de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	114
Tabela XIV.36 – Análises representativas das gerações IIIa, IIIb (1) e III (2) de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	115
Tabela XIV.37 – Análises representativas das gerações I, II, III, IVa e IVb de Ilite em wt%.	115
Tabela XIV.38 – Análises representativas das gerações I, II, III, IVa e IVb de Ilite em a.p.f.u.....	116

Tabela XIV.39 – Análises representativas das gerações I, II, III de clorite e de agregados de clorite presentes na rocha ígnea (RI), em wt%.	116
Tabela XIV.40 – Análises representativas das gerações I, II, III de clorite e de agregados de clorite presentes na rocha ígnea (RI), em a.p.f.u.....	117
Tabela XIV.41 – Análises representativas de Albite em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	117
Tabela XIV.42 – Análises representativas de Rútilo, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	118
Tabela XIV.43 – Análises representativas de Flúor-apatite em zonas de substituição (Zona de Subst.), na rocha ígnea (RI) e acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	118
Tabela XIV.44 – Análises representativas de Monazite em zonas de substituição (Zona de subst.) e acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).....	119
Tabela XIV.45 – Análises representativas de Xenótimo acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).	120

Lista de Abreviaturas

Domínios tectono-estratigráficos			
<i>ZAL</i>	Zona Astúrica-Leonesa	<i>ZOM</i>	Zona Ossa Morena
<i>ZC</i>	Zona Cantábrica	<i>ZSP</i>	Zona Sul-Portuguesa
<i>ZCI</i>	Zona Centro-Ibérica		
Abreviaturas de minerais (segundo Whitney & Evans, 2010)			
<i>Ab</i>	Albite	<i>Mil</i>	Millerite
<i>Ag_xS_y</i>	Sulfureto de Ag não identificado	<i>Mnz</i>	Monazite
<i>Ap</i>	Apatite	<i>Mrc</i>	Marcassite
<i>Apy</i>	Arsenopirite	<i>Ms</i>	Moscovite
<i>Bnn</i>	Bournonite	<i>Po</i>	Pirrotite
<i>Cb</i>	Carbonato	<i>Prr</i>	Pyrargirite
<i>Ccp</i>	Calcopirite	<i>Py</i>	Pirite
<i>Chl</i>	Clorite	<i>Qz</i>	Quartzo
<i>Dol</i>	Dolomite	<i>Rt</i>	Rútilo
<i>Elect</i>	Electrum	<i>Sp</i>	Esfalerite
<i>Frg</i>	Fraibergite	<i>Ttr</i>	Tetraedrite
<i>Fsp</i>	Feldspato	<i>Xtm</i>	Xenótimo
<i>Gdf</i>	Gersdorffite	<i>Ulm</i>	Ulmanite
<i>Gn</i>	Galena		
Unidades			
<i>a.p.f.u.</i>	Átomos por fórmula unitária	<i>Wt%</i>	Peso por cento
<i>ppm</i>	Partes por milhão	<i>Wt% eq. NaCl</i>	Peso por cento equivalente a NaCl
<i>km</i>	Quilómetro	<i>m</i>	Metro
<i>cm</i>	Centímetro	<i>mm</i>	Milímetro
<i>Ma</i>	Milhões de anos		
Outras			
<i>e.g.</i>	<i>Exempli gratia</i> (por exemplo)	<i>i.e.</i>	<i>Id est</i> (isto é)
<i>ca.</i>	<i>Circa</i> (cerca)	□	Vazios estruturais

I. Introdução

No NW peninsular são conhecidas várias ocorrências e depósitos auro-argentíferos cuja formação é correlacionável com os estádios tardios de evolução da orogenia hercínica. A génese destas mineralizações tem sido alvo de discussão na literatura, tanto a nível local (Cerveira, 1947; Neiva, 1992; Mateus & Barriga, 1991; Rosa & Romberger, 2003; Fuertes-Fuente *et al.*, 2016), como a nível regional (Boiron *et al.*, 1996; Noronha *et al.*, 2000; Inverno, 2002), sendo relativamente consensual que o desenvolvimento destas mineralizações inclui como características transversais: **(i)** íntima relação entre o minério e corredores de cisalhamento sujeitos a reactivação polifásica em regime frágil, constituindo estes os principais metalotectos estruturais (Pereira *et al.*, 1993; Inverno, 2002; Mateus & Noronha, 2010); **(ii)** presença de abundante arsenopirite, tipicamente com pelo menos duas fases de deposição, e evento mineralizante marcado pela precipitação de fases denunciadoras da associação geoquímica Pb – Bi – Sb (Rosa & Romberger, 2003; Noronha *et al.*, 2000; Fuertes-Fuente *et al.*, 2016) ou simplesmente Au-Ag(-Sb) [Mateus, 1997]; **(iii)** reunião de condições mecânicas favoráveis ao escoamento cíclico de soluções hidrotermais, maioritariamente aquosas e hipossalinas de baixa temperatura (<250°C), derivadas de fluidos meteóricos e/ou mistura com fluidos aquo-carbónicos de filiação metamórfica (Boiron *et al.*, 1996; Noronha *et al.*, 2000; Mateus & Noronha, 2010). A natureza dos fluidos intervenientes no processo mineralizante constitui o tópico de maior discórdia entre autores, sendo igualmente defendida a hipótese de contribuição de fluidos de origem magmática (Cerveira, 1947; Neiva, 1992; Inverno, 2002).

A mina de Escádia Grande, localizada em Alvares, Góis, no distrito de Coimbra, insere-se neste conjunto de mineralizações e será tomada como caso de estudo do presente estágio. Esta antiga exploração mineira, que laborou entre 1939 e 1952, foi a mais importante da região da Lousã e objecto de estudo por parte de diversos autores. Durante o período em que esteve activa, Cerveira (1947) redigiu um breve trabalho onde descreve essencialmente aspectos relacionados com a morfologia e mineralogia dos filões potencialmente mineralizados. Após o encerramento da exploração, Carvalho (1988,b) efectuou a cartografia geológica e estrutural detalhada da área mineira de Escádia Grande e de dois pisos da exploração (pisos 835 e 855), focando-se subsequentemente no mecanismo de instalação e a estruturação interna dos corpos filonianos, e em alguns aspectos mineralógicos. Mais tarde, Shepherd *et al.*, (1989) estudaram inclusões fluidas dos filões de quartzo através de técnicas isotópicas e de microtermometria. Em 1990, Shepherd apresenta uma breve descrição das estruturas mineralizadas, análise mineralógica petrográfica expedita das rochas encaixantes, preenchimentos quartzosos e massas mineralizadas, e estudos de química mineral com base em amostras de ouro, sulfossais, clorite e carbonato. Finalmente, Santos Oliveira (1991) reporta resultados de estudos de geoquímica de rocha total com base em 42 amostras provenientes da mina e 11 da área envolvente.

Apesar de todos estes trabalhos, várias questões permanecem em aberto, nomeadamente no que diz respeito: **(1)** à sequência das várias fases deposicionais de quartzo e respectiva mineralogia acessória, de modo a constranger o posicionamento cronológico relativo do evento mineralizante; **(2)** às razões pelas quais os teores em Au não se distribuem de forma consistente ao longo das estruturas interpretadas até agora como potencialmente mineralizadas; **(3)** ao controlo de natureza estrutural, envolvido no *input* aurífero no sistema, que condiciona a distribuição espacial dos teores, relacionando-o com a evolução do corredor de cisalhamento regional. O presente trabalho tem como objectivo contribuir para a resolução destas questões recorrendo à descrição de sondagens recentemente efectuadas (1), cartografia estrutural detalhada dos troços acessíveis de duas galerias antigas (3), petrografia (1, 2, 3), química mineral (1, 2), litogeoquímica (3), e projecção espacial de estruturas e teores (3), estabelecendo guias úteis à delimitação de novos alvos.

II. Enquadramento

II.1. Geodinâmica e Metalogenia

A mina de Escádia Grande situa-se na Serra da Lousã, mais concretamente, na vertente leste do Vale das Olinas, localizado na freguesia de Alvares, concelho de Góis, distrito de Coimbra. A área é abrangida pela carta geológica de Portugal, folha 20-C (Pampilhosa da Serra) na escala de 1:50000, ainda por publicar. A antiga exploração integra o distrito mineiro de Góis que, por sua vez, se insere no alinhamento metalogenético de Góis-Segura, localizado no sector SW da Zona Centro-Ibérica (ZCI). A ZCI, faixa central do Maciço Ibérico, foi definida em 1972, por Julivert *et al.*, como o compósito de duas zonas definidas por Lötze (1945) [Galician – Castillan e Alcudian]. Posteriormente, Ribeiro *et al.* (1990a; 2007) propuseram um modelo mais abrangente onde conceptualiza o Terreno Ibérico, integrando a evolução da ZCI no conjunto das plataformas continentais das zonas Cantábrica e de Ossa Morena até à formação da acreção hercínica (Figura II.1).

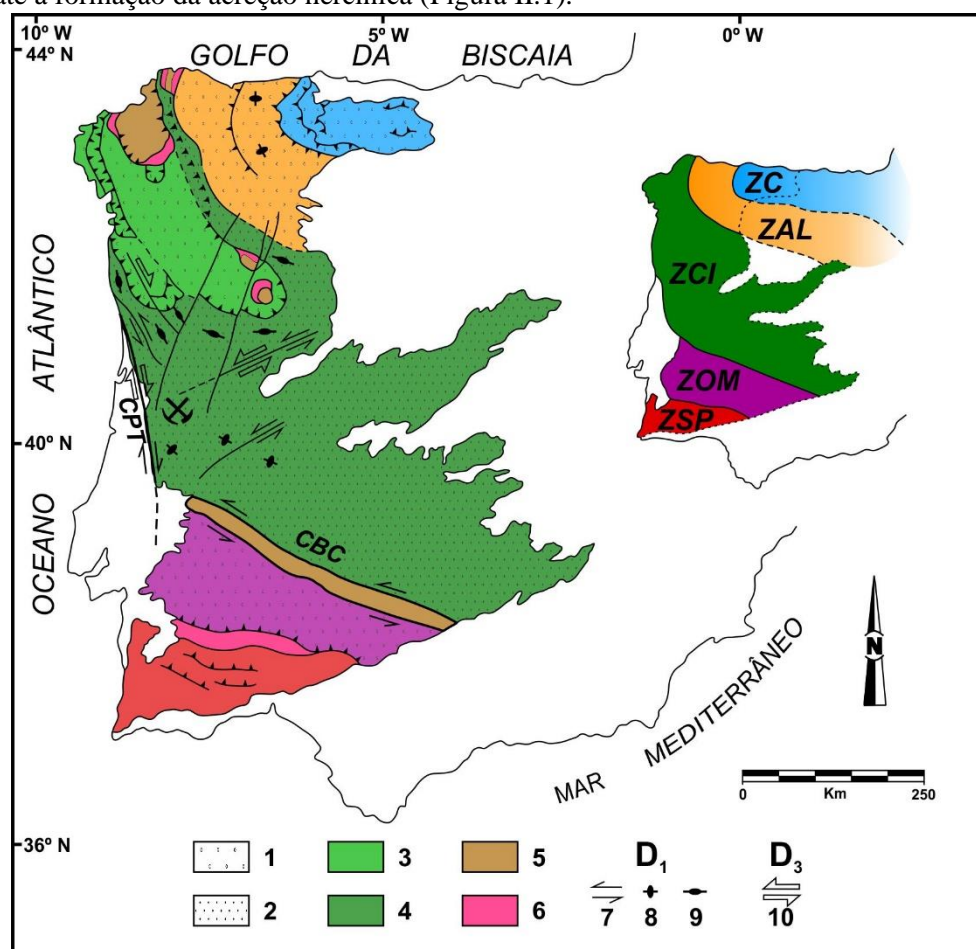


Figura II.1 – Mapa das zonas geotectónicas que integram o Maciço Ibérico. Ilustra-se a distinção entre margens imbricadas (1) e núcleo autóctone (2), bem como entre terrenos exóticos continentais (5) e ofiolíticos (6), no terreno ibérico segundo Ribeiro *et al.*, (1990a). A separação entre os terrenos paraúctones (3) e autóctones (4) da ZCI estão de acordo com Dias *et al.*, (2016) após Johnson *et al.*, (2013). As estruturas representadas correspondem a zonas de cisalhamento (7) e estiramento em “a” (8) e em “b” (9) associado ao dobramento D1 e zonas de cisalhamento D3 (10) [Dias & Ribeiro, 1995]. Representa-se também a localização do couro mineiro de Escádia Grande.

As diferentes fases de deformação registadas nos vários sectores do Maciço Ibérico são imputáveis a efeitos decorrentes de um ambiente colisional entre várias massas continentais durante o Paleozóico, envolvendo, nomeadamente a génese do Arco Ibero-Armoricano (AIA) [Dias & Ribeiro, 1995]. O AIA representa uma sutura varisca que marca a subducção, tendencialmente centrípeta (direccionada para o centro do arco), do oceano Rheic, seguida da colisão entre Avalónia e Armorica, encontrando-se esta última já reunida ao Terreno Ibérico através do fecho do Paleotethys (Ribeiro *et al.*, 2007). O acentuado

encurtamento consequente de tal colisão, tomado como o principal evento tectónico varisco (D_1), concorre para o desencadeamento de mecanismos de dobramento, em regime transpressivo esquerdo (Ribeiro *et al.*, 1990b), cujos efeitos se encontram registados no miogeoclinal paleozóico, assente em soco cadomiano (Dias & Ribeiro, 1995), especialmente em níveis de maior competência, como os quartzitos do Ordovícico Inferior (Dias *et al.*, 2016). A geometria e cinemática das dobras variam significativamente entre domínios autóctones e alóctones do Maciço Ibérico (Dias & Ribeiro, 1995): (i) nos domínios autóctones, o dobramento apresenta plano axial subvertical (Dias *et al.*, 2016) e orientação próxima de WNW-ESE na região central e SE da ZCI, rodando no sentido N na proximidade da costa atlântica (Pereira *et al.*, 1993); (ii) nos domínios alóctones, face ao regime de carreamento de NW para SE, são geradas dobras deitadas com clivagem de plano axial, frequentemente com charneiras curvilíneas (Dias & Ribeiro, 1995). Pereira *et al.* (1993) distinguem ainda o sector que margina o cisalhamento PTBC, descrevendo: (i) dobras deitadas, com orientação N-S e vergência para W, no sector entre Porto e Albergaria; (ii) dobras progressivamente menos deitadas, mantendo-se a vergência para W, entre Albergaria e a falha da Lousã; e (iii) dobras com rumo NW-SE e vergência para NE, a SE da falha da Lousã. A variação na orientação do dobramento nos domínios autóctones é compatível com o arqueamento do sector sul do AIA (Dias & Ribeiro, 1995). No sector N destes domínios desenvolvem-se zonas de cisalhamento dúctil com cinemática esquerda e rumo ESE, por força do regime transpressivo induzido pela progressão dos mantos de carreamento nesse sentido, promovendo estiramento em b das dobras (Ribeiro *et al.*, 1990b). A heterogeneidade da deformação concorre para o mergulho dos eixos das dobras no sentido do incremento dos efeitos de deformação; neste caso, para NW (Pereira *et al.*, 1993). A influência destes cisalhamentos atenua-se no sentido meridional, onde se verifica essencialmente estiramento subvertical, isto é, segundo o eixo cinemático a (Ribeiro *et al.*, 1990b). A transição de estiramento em b para estiramento em a é denunciada pela discrepância dos padrões de interferência entre as dobras D_1 e as dobras pré-existentes, orientadas segundo NE-SW, geradas durante a fase Sarda¹: o estiramento em b (NW-SE) tende a atenuar os efeitos das dobras sárdicas, enquanto o estiramento em a tende a acentuá-los (Ribeiro *et al.*, 1990b), dando origem a dobras D_1 com eixos fortemente inclinados (Pereira *et al.*, 1993). Apesar da diversidade geométrica das dobras D_1 , no sector central e SE da ZCI estas tendem a exibir orientação NW-SE consistente, clivagem de plano axial (subvertical) [Ribeiro *et al.*, 1990b], e eixos subhorizontais ou fracamente inclinados (Dias *et al.*, 2016).

A movimentação tangencial através dos cisalhamentos basais subhorizontais que asseguram a migração dos terrenos alóctones concorre para a progressiva acomodação de deformação (D_2) cujos efeitos (dobras deitadas com clivagem de crenulação ou xistosidade, S_2) ocasionalmente se sobrepõem a S_1 (Ribeiro *et al.*, 1990b) e são apenas reconhecíveis na proximidade dos respectivos planos de carreamento (Diez Balda, 1992 *in* Pereira *et al.*, 1993), afectando essencialmente os terrenos alóctones e para-autóctones (Dias *et al.*, 2016). A obducção de segmentos crustais associada às fronteiras colisionais, que exibem geometria *flake* nos sectores NW e SW, promove sobreesspessamento crustal e metamorfismo de elevada pressão (Ribeiro *et al.*, 2007 e referências).

Após a instalação dos terrenos alóctones, iniciam-se processos de reequilíbrio isostático nas margens colisionais sobreesspessadas do orógeno varisco. O *uplift* crustal concorre para a subida da transição frágil-dúctil favorecendo, por conseguinte, a progressão do metamorfismo regional e anatexia (Ribeiro *et al.*, 2007). Jesus *et al.* (2007) descrevem modificações significativas no gradiente geotérmico e nas propriedades mecânicas das rochas crustais, induzidas por *uplift* na proximidade da sutura entre a ZOM e a ZSP ($\sim 340 \pm 5$ Ma). Mateus & Noronha (2001) consideram a descompressão isotérmica o mecanismo capaz de favorecer a progressão de processos de anatexia e instalação de granitos sin-tectónicos peraluminosos de duas micas (320-315 Ma) no NW ibérico, os quais integram o magmatismo tardi-

¹ Regime transpressivo direito que afectou a bacia sedimentar, ainda que de forma breve, antes da deposição das sequências sicioclásticas do Ordovícico Inferior (Silva & Ribeiro, 1985 *in* Dias & Ribeiro, 1995).

colisional (~330-315 Ma) descrito por Pinto *et al.* (1987) in Ribeiro *et al.*, (2007). A ascensão dos líquidos silicatados é condicionada pela transição frágil-dúctil (Vigneresse, 1995) e a distribuição espacial destas intrusões ao longo do orógeno varisco é controlada pela tectónica local (Vigneresse, 1999).

Em estado avançado de colisão, e esgotado o movimento tangencial por se ter alcançado o encurtamento máximo, a tectónica da ZCI evolui de um regime transpressivo para um regime transcorrente (Ribeiro *et al.*, 1990b), criando condições para re-intensificar a acomodação de deformação (D_3), marcada pela propagação de corredores de cisalhamento com direcção de compressão máxima (subhorizontal) disposta ao longo da bissectriz do ângulo obtuso formado pelos alinhamentos estruturais principais (Iglesias & Ribeiro, 1981). A deformação, induzida pela progressão dos mantos cantábricos, é acomodada diferencialmente através de cisalhamentos dúcteis intracontinentais segundo duas orientações preferenciais², miméticas da disposição espacial das suturas de colisão que, por sua vez, se encontram bloqueadas por magmatismo ou recristalização metamórfica (Pereira *et al.*, 1993), e concorre para a acentuação da curvatura do AIA (Ribeiro *et al.*, 1990b). O desenvolvimento destes corredores de cisalhamento é favorecido por contrastes termomecânicos resultantes da intrusão dos plutões sintectónicos peraluminosos anteriormente referidos³ (Mateus & Noronha, 2001), e a sua dinâmica condiciona o desenvolvimento de dobras com plano axial subvertical e eixo subhorizontal, com disposição *en échelon* relativamente aos planos de cisalhamento (Ribeiro *et al.*, 1990b) que, por vezes, reactivam corredores estruturais D_1 (Pereira *et al.*, 1993). Segundo Ribeiro *et al.* (1990b), o pico da fase de deformação D_3 terá ocorrido em torno de 300 ± 10 Ma; porém, num estudo mais recente, Marques *et al.*, (2002) dataram moscovites de precipitados minerais em segmentos de falha tardi-variscas não reactivados durante a orogenia alpina, obtendo valores de 311 ± 10 e 312 ± 7 Ma.

Por representarem zonas de fraqueza estrutural à escala da crosta, muitos destes corredores condicionaram a instalação subsequente de plutões tardi e pós- D_3 (Noronha *et al.*, 2013) datados, respectivamente, de ca. 310-305 Ma e ca. 290-280 Ma (Mateus & Noronha, 2001). A gradual exumação litosférica e a subida da transição frágil-dúctil concorrem para o decréscimo da resistência crustal e, consequentemente, para a diminuição da resistência à instalação de corpos intrusivos em níveis elevados da crosta superior (Jesus *et al.*, 2007). Por conseguinte, estas intrusões tendem a instalar-se a profundidades progressivamente mais baixas (Pinto *et al.*, 1987 in Ribeiro *et al.*, 2007), especialmente os plutões pós- D_3 , devido ao incremento substancial da taxa de *uplift* (~5 mm/ano) registado há ca. 300 Ma (Mateus *et al.*, 1995). Este circunstancialismo conduz ao estabelecimento de anomalias térmicas que superam a capacidade de dissipação de calor por mecanismos de condução e advecção. O desenvolvimento de redes de fracturas satélite associadas à intrusão destes corpos possibilita a progressão de eventos convectivos desencadeados em resposta ao aumento térmico, favorecendo a génese de diversas mineralizações filonianas (Mateus & Noronha, 2010).

Durante o período tardi-varisco⁴, a contínua reactivação das zonas de cisalhamento dúctil na ZCI⁵ ocorre sob condições P-T que favorecem crescentemente mecanismos de deformação frágil (Mateus & Noronha, 2001), pelo que a dissipação de energia tende a processar-se maioritariamente através da reactivação e neoformação de descontinuidades planares, cuja nucleação é controlada pelos corredores de cisalhamentos sin- D_3 pré-existent (Mateus *et al.*, 1995). Mateus & Noronha (2010) compilam

² Marques *et al.*, (2002) referem dois agrupamentos de alinhamentos estruturais no NW ibérico, N110° e N155°, correlacionáveis com corredores de cisalhamento variscos reconhecidos por Arthaud & Matte (1975). Mateus & Noronha (2010) indicam, com base em trabalhos anteriores, corredores NNW-SSE a N-S e E-W a ENE-WSW com cinemática direita e esquerda, respectivamente.

³ Segundo Mateus & Noronha (2010) e respectivas referências, integram os plutões sin- D_3 (ca. 320-310 Ma).

⁴ Marques *et al.* (2002) sugerem que a fracturação tardi-varisca se possa ter iniciado há ca. 312 Ma, simultaneamente com o último episódio de dobramento varisco (D_3), e terminado há ca. 270 Ma.

⁵ Domínio orogénico em que o ressalto isostático foi especialmente acentuado (Mateus, 2001).

informação estrutural de vários trabalhos e destacam várias famílias de descontinuidades tardi-variscas: WNW-ESE, NW-SE, N-S a NE-SW, e ENE-WSW. Estas estruturas apresentam cinemática essencialmente governada pela direcção da compressão máxima (σ_1) orientada segundo NE-SW (Marques *et al.*, 2002); a predominância dos alinhamentos NE-SW e ENE-WSW relativamente às restantes famílias de estruturas frágeis sugere um padrão de fracturação fortemente assimétrico (Mateus & Noronha, 2010). Não raramente, estas descontinuidades apresentam fragmentos rochosos sujeitos a diferentes condições P-T (*e.g.* milonitos, cataclasitos, brechificações) e precipitados neoformados: (i) precoces, geralmente dominados por agregados siliciosos ocasionalmente subgranulados e com várias evidências de deformação a “frio”, denunciada por efeitos ópticos atribuíveis à acumulação de defeitos intracristalinos; e (ii) tardios, compostos por agregados de quartzo leitoso, mais ou menos fracturados, seguidos da precipitação de carbonatos de Fe/Mg e moscovite, que se encontram maioritariamente restritos a fendas de tracção e zonas de falha associadas aos alinhamentos ENE-WSW a NE-SW (Marques *et al.*, 2002). A génese polifásica de complexas redes de fracturas em condições térmicas passíveis de desencadear mecanismos convectivos potencia a circulação prolongada de volumes significativos de fluido (Mateus, 2001), o qual interage com as sequências metassedimentares e com as rochas granitóides, reunindo-se assim condições para lixiviação metalífera prolongada e eficiente. Este processo é especialmente intenso em domínios de forte conectividade entre estruturas frágeis (*e.*, portanto, permeabilidade elevada) onde é promovido o escoamento focalizado de fluido, favorecendo o aumento de razões água/rocha e, conseqüentemente, da eficácia dos mecanismos de lixiviação e da probabilidade de génese de anomalias geoquímicas potencialmente interessantes do ponto de vista metalogenético e económico. O estabelecimento desta rede de paleocirculação de fluidos concorre para a génese de várias mineralizações na ZCI, nomeadamente as que se caracterizam pelas associações geoquímicas Au-Ag(-As-Sb-Pb) e Sb-Au(-Pb-Cu) [Mateus, 2001]. As mineralizações auríferas na ZCI pressupõem a intervenção de fluidos com características específicas (Noronha *et al.*, 2000; Mateus, 2001; Mateus & Noronha, 2010) que, em função do controlo tectónico, tipicamente caracterizado pela génese de estruturas secundárias e armadilhas estruturais, lixiviam sequências de origem sedimentar ou exalativa-vulcânica (Pereira *et al.*, 1993) e reconcentram Au, bem como outros elementos geoquimicamente simpatéticos, de forma mais ou menos eficiente, dependendo da recorrência de reactivação e dos contrastes termomecânicos envolvidos no processo.

A composição dos fluidos envolvidos é gradualmente modificada devido a processos de mistura que são função dos eventos geodinâmicos à escala regional (Marques *et al.*, 2002). Inicialmente, os fluidos envolvidos na génese das mineralizações auríferas do norte de Portugal estariam em equilíbrio químico com as sequências metassedimentares hospedeiras até o incremento do gradiente térmico regional induzir a sua advecção; ou equilibrariam com sequências litológicas similares por contacto prolongado durante a sua circulação, podendo não constituir, portanto, verdadeiros fluidos metamórficos (Noronha *et al.*, 2000). Estes fluidos apresentariam componente CO₂-H₂O dominante, sendo localmente ricos em CH₄ quando equilibrados com formações ricas em matéria orgânica (Boiron *et al.*, 1996), e teriam condições para lixiviar Au dos metassedimentos (Noronha *et al.*, 2000). A deposição do ouro seria imputável a eventos de despressurização local e/ou a progressiva diluição e arrefecimento destas soluções por mistura com fluidos aquosos oxidantes (meteórico-derivados) que se infiltram na crosta (Boiron *et al.*, 1996); os locais favoráveis à deposição corresponderiam a armadilhas estruturais (*e.g.* estruturas que marcam a evolução contínua dos corredores de cisalhamentos principais de regime dúctil para frágil) e geoquímicas (*e.g.* microfracturas em sulfuretos) formadas no início do desenvolvimento do sistema mineralizante (Noronha *et al.*, 2000). Noronha *et al.* (2000) inferem que os granitos funcionam sobretudo como motores térmicos e armadilhas estruturais, e não como fonte de fluido. Os mesmos autores propõem um modelo para génese de mineralizações de Au no norte de Portugal com três etapas principais:

1. Formação de veios de quartzo durante o metamorfismo retrógrado – precipitação de quartzo leitoso em espaço aberto, pontualmente acompanhado por sulfuretos (pirite I e arsenopirite I) disseminados no encaixante metassedimentar, logo após a intrusão dos granitos peraluminosos (ca. 315-310 Ma), em condições de alta temperatura (500-550°C) e baixa pressão (300-350 MPa);

2. Reactivação dos veios de quartzo aquando do *uplift* orogénico – forte deformação dos preenchimentos de quartzo do estágio 1, com deposição local de sulfuretos (arsenopirite II + pirite II) e quartzo a partir de soluções essencialmente aquocarbónicas (T = 300-450°C e P = 100-300 MPa);

3. Intensa microfracturação e deposição principal de Au – reactivação tectónica em condições P-T distintas (50-100 MPa e 110-280°C) com geração de densas redes de microfracturas que permitem a circulação de fluidos predominantemente aquosos a baixa profundidade (< 5 km), a partir do qual precipitam Au nativo/electrum, sulfuretos (galena, calcopirite, bismutinite), sulfossais (Pb – Bi – Ag), frequentemente com clorite (\pm sericite) associada.

II.2. Geologia da área mineira de Escádia Grande⁶

A região de Góis caracteriza-se pela predominância de sequências metassedimentares de idade pré-Ordovícica, sobre as quais assentam (em discordância) quartzitos de idade Ordovícica. O conjunto lito-estratigráfico apresenta dobras amplas (D₁) com planos axiais subverticais, eixos pouco inclinados e vergência geral para sul, onde S₀ se encontra sistematicamente orientado segundo WNW-ENE (Meireles *et al.*, 2013). A sequência lito-estratigráfica pré-Ordovícica da região Lousã-Góis integra o Grupo das Beiras (parte fundamental do Super Grupo Dúrico-Beirão; Sequeira & Sousa, 1987-89 *in* Sequeira & Sousa, 1991) e integra 3 formações, da base para o topo:

✓ Formação de Caneiro – unidade metagrauvacóide, constituída por níveis métricos de grauvaque grosseiro e intercalações pontuais de níveis pelíticos, com forte desorganização interna marcada por estruturas sedimentares do tipo *slump* e figuras de carga. O topo é marcado por intercalações possantes de uma alternância milimétrica a centimétrica de filitos grafitosos e argilo-siltitos, frequentemente com disseminações de pirite (Sequeira & Sousa, 1991);

✓ Formação de Boque-Serpins – unidade essencialmente metapelítica, embora possa apresentar alternâncias psamíticas finas, constituída por xistos laminados cinzento-escuros. No topo da unidade destaca-se a presença ocasional de níveis grauvacóides, decimétricos a métricos, semelhantes aos que tipificam a formação anterior (Sequeira & Sousa, 1991). Adicionalmente, Meireles *et al.*, (2013) defendem a presença de níveis intra-formacionais de conglomerados polimíticos suportados por matriz areno-siltítica;

✓ Formação de Colmeal – unidade recentemente descrita por Meireles *et al.* (2013), preservada nos núcleos de sinclinais D₁ variscos, caracterizada por sequências metapelíticas (xistos argilosos) com intercalações de níveis siliciosos e metagrauvacóides, centimétricos a decimétricos. Os horizontes siliciosos são descritos como barras quartzíticas, e correspondem, de forma geral, a arenitos finos, de cor cinzenta clara, com matriz siliciosa e pontuações de óxidos.

A área mineira de Escádia Grande localiza-se no alinhamento do sinclinal ordovícico-silúrico de Buçaco-Penedos de Góis, orientado segundo N25°W e assente discordantemente sobre o Grupo das Beiras (Sequeira & Sousa, 1991). Encontra-se hospedada na formação de Boque-Serpins, num bloco tectónico limitado a norte pela falha Lousã-Seia e a sul pela falha da Cebola, estruturas tardi-hercínicas ENE-WSW reactivadas com componente inversa esquerda durante o ciclo Alpino (Sequeira *et al.*, 1997). Importa ainda referir a presença do plutão granítico do Coentral que exhibe auréola de metamorfismo de contacto e é envolvido pelo arqueamento de S₀ e S₁ provocado pelo dobramento D₁

⁶ Procurando manter a fidelidade aos trabalhos dos autores citados e evitar interpretações, uma vez que alguns não se encontram publicados, como Carvalho (1988a,b), as descrições são mantidas o mais semelhantes possível aos originais, nomeadamente no que respeita às litologias presentes nos mapas dos pisos 835 e 855 (Anexo 9), definidas por Carvalho (1988a,b)

(Gomes *et al.*, 1991 in Sequeira, 2004); a sua idade é controversa, contudo as datações mais recentes apontam para uma instalação sin-D₁ (Soares *et al.*, 2007).

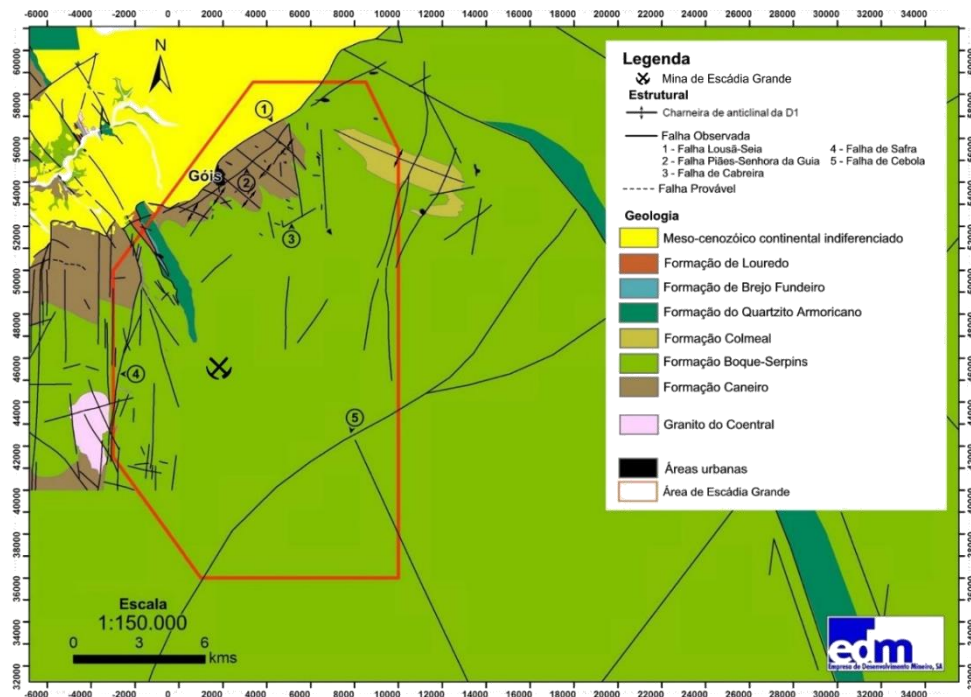


Figura II.2 – Mapa geológico da área mineira de Escádia Grande, cedido pela EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA) [adaptado de Soares *et al.* (2007), de Carvalho (1992) e Meireles *et al.* (2013)].

A mina de Escádia Grande laborou entre 1939 e 1952, período durante o qual se explorou uma estrutura filoniana mineralizada. O acesso a esta estrutura era realizado através de galerias, dispostas em flanco de encosta, em 7 pisos distanciados cerca de 30 m entre si (Figura II.3).

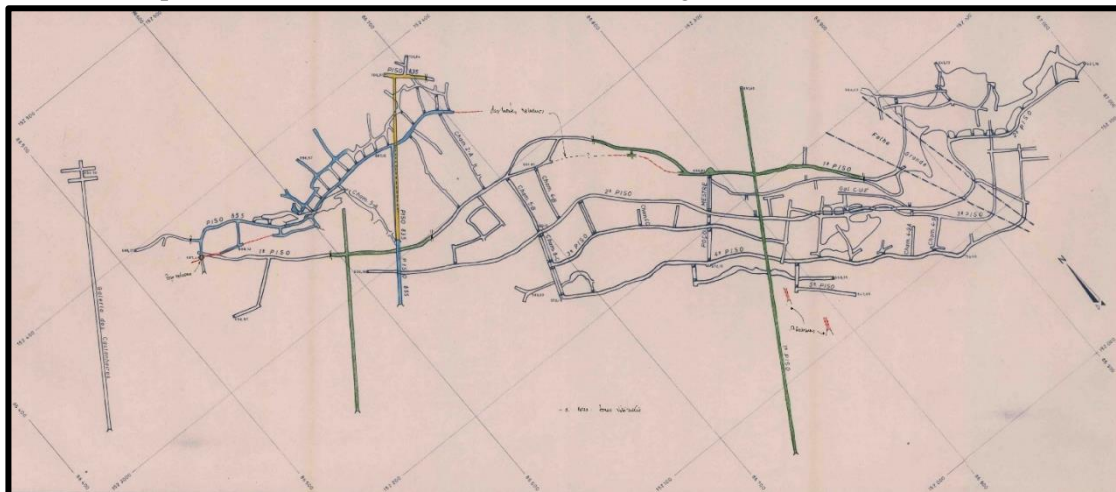


Figura II.3 – Planta dos trabalhos subterrâneos na mina de Escádia Grande [Escala 1:1000; Datum Lisboa (Castelo de S. Jorge)]. Retirado de Carvalho (1988). Os pisos 835 e 855 encontram-se destacados com cor amarela e azul, respectivamente. Os treços marcados a verde correspondem a acessos e galerias do “1º piso” que representa o patamar imediatamente abaixo do piso 855 e que se encontra actualmente inacessível. Os traços vermelhos marcam desmontes romanos. Retirado de Carvalho (1988).

O primeiro trabalho referente a este depósito foi desenvolvido por Cerveira (1947), ainda durante o período de laboração da mina. Neste, o autor foca essencialmente aspectos relacionados com a paragénes mineral, descrevendo igualmente, ainda que de forma breve, as estruturas filonianas e alguns aspectos litológicos. As suas descrições são baseadas na observação de todos os patamares da exploração, incluindo o 2º, 3º, 4º e 5º pisos que já se encontravam inundados em 1988, ano em que Carvalho (1988a,b) desenvolveu o seu trabalho de cartografia geológica e estrutural. Carvalho (1988a)

contribui com trabalho detalhado de cartografia geológica local focando a área mineira de Escádía Grande, onde individualiza várias subunidades litológicas:

- ✓ Metagrauvaque grosseiro – maciço, em bancadas de 0.5 a 1 m, com elementos de quartzo em matriz verde e sistematicamente recortado por filonetes milimétricos a centimétricos de quartzo leitoso;
- ✓ Metagrauvaque médio – grão (sub) milimétrico, cinzento-esverdeado, sem retículos de quartzo;
- ✓ Metagrauvaque fino – metagrauvaques cinzentos de grão fino, com xistosidade bem desenvolvida, dispostos em bancadas métricas;
- ✓ Metagrauvaque fino silicificado – com xistosidade bem desenvolvida, geralmente observado na proximidade de corpos mineralizados e zonas de falha com metapelitos negros;
- ✓ Alternância metagrauvaque-metapelito – metagrauvaques de grão fino, cinzentos ou castanho-creme, intercalados com metapelitos cinzentos, constituindo passagens métricas;
- ✓ Metapelito negro – geralmente rico em produtos “grafitosos”, frequentemente em zonas de falha e, mais raramente, intercalado noutras subunidades;
- ✓ Metapelito bandado – alternâncias decimétricas de metapelito cinzento-escuro/negro e creme. Raramente, estas alternâncias exibem intercalações decimétricas de bancadas arenosas;
- ✓ Metapelito castanho escuro – geralmente micáceos, por vezes arenosos;
- ✓ Metapelito silicificado – silicificação oblitera a xistosidade regional. Localmente rico em pirite nas zonas mais silicificadas. Tende a ocorrer na proximidade de filões potencialmente mineralizados.

A presença de pirite em planos de estratificação é frequente em todas as subunidades descritas. A precipitação deste sulfureto é posterior ao desenvolvimento da xistosidade regional e tende a coincidir com domínios de silicificação, tipicamente proximais a filões quartzosos e zonas de falha com preenchimentos siliciosos. Com base nesta classificação, o mesmo autor definiu três áreas litologicamente distintas (Figura II.4):

- ✓ Predominância de metagrauvaques grosseiros (bloco central) – rochas esverdeadas, cortadas por filonetes de quartzo, por vezes, incluindo intercalações de metapelitos negros e metapelitos silicificados;
- ✓ Alternância entre metagrauvaques e metapelitos (blocos NW e SE) – sequências constituídas por alternâncias decimétricas a métricas de metagrauvaques e metapelitos cinzentos, com intercalações de metapelitos escuros e metapelitos creme em alternâncias centimétricas;
- ✓ Predominância de metapelitos (blocos NE e SW) – ausência de metagrauvaques grosseiros.

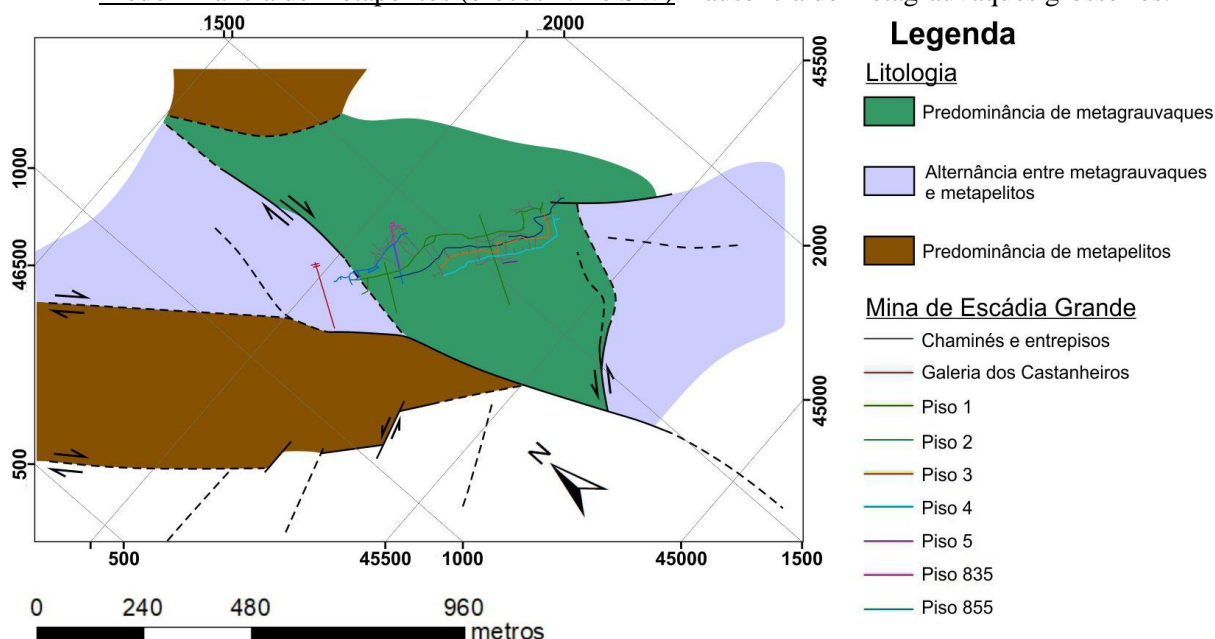


Figura II.4 – Mapa geológico da área cartografada por Carvalho (1988) à escala de 1:2000 (sistema de coordenadas ETRS89, Datum 73). Adaptado de Carvalho (1988).

A estratificação apresenta orientação relativamente constante, oscilando entre N10°W e N50°W, e pendor entre 45 e 70° para o quadrante NE. A xistosidade, subconcordante com S₀, associa-se ao dobramento regional (isoclinal, com plano axial inclinado para NE), e toma direcção geral entre NW-SE e NNW-SSE. As lineações de intersecção entre S₀ e a xistosidade indicam mergulho dos eixos de dobramento em torno de 60° para SE. A polaridade normal das sequências metassedimentares, invertida apenas no sector NW, incita o autor a inferir que a área cartografada se situa no flanco W de uma estrutura sinclinal maior (Carvalho, 1988a).

Carvalho (1988a) documenta ainda três pares de estruturas frágeis conjugadas: (1) N35°W,80°SW e N80°E,70°S com movimentação direita e esquerda, respectivamente – alinhamentos mais precoces, que delimitam os blocos litológicos anteriormente definidos; (2) N50°W,85°NE e N60°E,60°SE com movimentação direita e esquerda, respectivamente – alinhamentos mais tardios; (3) N10°E e N40°E com movimentação direita e esquerda, respectivamente – alinhamentos menos importantes cuja posição cronológica relativa não foi possível definir. Ainda segundo Carvalho (1988a), estas estruturas são geradas na dependência de corredor de cisalhamento principal, direito, orientado segundo NNW-SSE com pendor para E. Com base em técnicas de teledetecção, Manuel (2015) reconhece na área mineira de Escádia Grande dois alinhamentos principais: (i) N30°W e N60°W, de carácter mais localizado, corroborados subsequentemente no campo; (ii) N60°E a N80°E, abrangendo área mais ampla, embora o autor não os tenha identificados no campo.

Carvalho (1988a) defende que a instalação dos corpos filonianos potencialmente mineralizados é controlada por falhas com componente inversa, direcção NNW a NW e pendor de 45 a 70° para SW, acrescentando que o seu desenvolvimento e abertura são potenciados no sector central da área cartografada. Destaca ainda várias famílias de diaclases que afectam as sequências metassedimentares, salientando a preponderância de um grupo com orientação N15-70°W e pendor de 15-65° SW, frequentemente com preenchimentos quartzosos com pirite pontual, que acompanham o desenvolvimento das falhas que controlam a instalação dos filões de quartzo e tendem a ser mais penetrativas na proximidade dessas estruturas filonianas, sobretudo em domínios de maior silicificação.

Cerveira (1947) descreve que a exploração se realizou em torno de uma única estrutura filoniana, resultante da coalescência de várias lentículas geradas por “tectónica de movimentação vertical”, com orientação próxima de N30°W e pendor médio de 50° para SW. Acrescenta que o filão corta subperpendicularmente a estratificação e que a sua inclinação varia em função do pendor de S₀, mantendo-se relação ortogonal entre as duas estruturas.

Por outro lado, num trabalho francamente mais detalhado do ponto de vista estrutural (apenas com base na observação dos pisos 835, 855 e parte do 1º piso), Carvalho (1988b) distingue dois tipos de rochas filonianas: (i) filões de quartzo com e sem mineralização, e (ii) filões de pórfiros. Relativamente aos filões de quartzo (i), o autor enuncia a presença de preenchimentos siliciosos não mineralizados como filonetes dobrados e boudinados, anteriores à xistosidade regional, e filões com inclinação para NE, geralmente subconcordantes com a xistosidade regional, com espessura da ordem dos 50 cm, raramente fracturados e soldados por sulfuretos. Os filões potencialmente mineralizados, apontados como responsáveis pelo controlo estrutural directo da mineralização, resultam da instalação de agregados de quartzo controlada pelas falhas inversas, com orientação N30-70°W e pendor de 40-80° para SW. Alguns dos filões com formas lenticulares e baixo pendor para SW são interpretados como estruturas secundárias formadas na dependência da movimentação dos planos de falha ondulados destas estruturas frágeis. No que se refere aos filões de pórfiros (ii) o mesmo autor descreve filões de rocha creme com agregados de mineral verde (presumivelmente epidoto) dispersos na matriz, fortemente meteorizada, com orientação NW-SE e pendor SW, que não é afectada pela xistosidade regional. Sugere que se trata de uma rocha intrusiva básica cuja instalação foi condicionada pelas mesmas descontinuidades que controlam, num evento subsequente, o desenvolvimento dos filões potencialmente mineralizados.

Nos filões potencialmente mineralizados, Carvalho (1988b) distingue, macroscopicamente, dois tipos de quartzo: **(a)** quartzo sacaróide de tonalidade cinza, rico em inclusões de matéria carbonosa e fragmentos lenticulares de rocha encaixante (xistos negros metassomatizados, alongados segundo a direcção do filão), apresentando laminações preenchidas por clorite/material grafitoso e arsenopirite finamente granular junto aos encostos; **(b)** quartzo branco, maciço, por vezes com tendência idiomórfica, normalmente situado no domínio central dos filões; tipicamente, não é portador de arsenopirite, e a ocorrência de galena e esfalerite restringe-se a domínios recristalizados. Adicionalmente, descreve a ocorrência de bolsadas mineralizadas de quartzo ceroso brechóide, com geometria irregular, ricas em galena e esfalerite, desenvolvidas em zonas de intersecção entre várias fracturas, e isentas da deformação que afecta os filões quartzosos potencialmente mineralizados; a presença de arsenopirite nestas bolsadas é rara, porém, quando presente, esta tende a concentrar-se na zona de contacto com a rocha encaixante. Conclui, relatando o desenvolvimento de raras fendas discretas preenchidas por quartzo translúcido que registam a última fase de *input* de sílica.

Cerveira (1947) descreve dois modos de ocorrência de arsenopirite: **(1)** agregados em leitos finos e **(2)** cristais isolados. Presumivelmente, (1) e (2) relacionam-se com as laminações que se desenvolvem em quartzo (a) e com as bolsadas mineralizadas de quartzo ceroso, detalhados em Carvalho (1988b).

Carvalho (1988b) interpreta as laminações de arsenopirite, presumivelmente mineralizadas, como o resultado do desenvolvimento de fendas, através de mecanismos de *crack-seal*. A progressão das microfracturas é acompanhada pela dissolução da matriz siliciosa que constitui os filões, provocando sobressaturação do fluido e precipitação quase imediata de arsenopirite e ouro, e ocorre ao longo de diversos ciclos de incremento da pressão de fluidos. Contudo, deixa em aberto a possibilidade de o Au se associar também a outros sulfuretos (galena e pirite). Por sua vez, Cerveira (1947) defende concomitância de deposição de Au e galena, mas sugere que a precipitação de Au se encontra espacialmente relacionada com a arsenopirite, defendendo que o teor nesse metal é proporcional à abundância do sulfureto e que tende a aumentar em profundidade.

Num trabalho direccionado para o estudo de inclusões fluidas, Shepherd *et al.* (1989) recorrem a técnicas isotópicas e de microtermometria reconhecendo enriquecimento médio dos fluidos em CO₂, CH₄ e N₂ de 4 mol %, salinidade baixa (entre 2 e 5 wt% NaCl eq.), forte partição de H₂S para a fase de vapor para um leque alargado de condições P-T, e temperaturas de homogeneização entre 200 e 280°C (em média 245°C). Com base em dados isotópicos, os mesmos autores invocam fluidos em equilíbrio com sequências metassedimentares ricas em C e CH₄, com filiação metamórfica, excluindo contribuições magmáticas. Recentemente, Gomes *et al.* (2019) inferem, através de técnicas microtermométricas numa única amostra de filão potencialmente mineralizado, temperaturas de homogeneização global de inclusões fluidas de 356°C a 124°C para fluidos aquosos de baixa salinidade (2-5 wt% eq. NaCl); e 294°C a 124°C para fluidos aquo-carbónicos de baixa salinidade (< 11 wt% eq. NaCl) homogeneizados em fase líquida. Estes autores conjecturam a possibilidade de contribuição de fluidos magmáticos ao constatar o aprisionamento de fluido a baixa pressão.

Por fim, Santos Oliveira (1991) através de um estudo de litogeoquímica aponta elementos como Sb, Ag, As, Zn e Cd, bem como o ião NH₄⁺, como principais guias para delimitação de alvos potencialmente mineralizados.

III. Metodologias

III.1. Descrição de Sondagens

Procurando reconhecer diferentes gerações de preenchimentos minerais realizou-se uma descrição detalhada (essencialmente orientada para estruturas frágeis e respectivos preenchimentos minerais) dos testemunhos das sondagens executadas pela EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA) durante o período entre Julho de 2017 e Julho de 2018. O trabalho foi desenvolvido entre 19 de Junho e 10 de Julho de 2018, no armazém da EDM localizado em Alagoa, em Góis. Somente 5 das 7 sondagens foram descritas (EG1701, EG1702, EG1703, EG1704, EG1805), visto que apenas essas se encontravam finalizadas no período em que a tarefa foi realizada.

III.2. Amostragem

A amostragem dos testemunhos de sondagem estudados⁷ procurou garantir a representatividade de todas as gerações de preenchimentos minerais identificadas, relações de corte entre estruturas e outros aspectos particulares. Contudo, face à escassez de intersecções com estruturas filonianas, foram ainda amostrados 10 exemplares provenientes de uma colecção da mina de Escádia Grande arquivada no IST (sob responsabilidade do Prof. Manuel Francisco); estas amostras constituem-se como referências para o reconhecimento de características mineralógicas e texturais dos filões explorados no sistema em estudo. Subsequentemente produziram-se lâminas delgadas polidas de todas as amostras (Tabela III.1). *Tabela III.1 – Amostras colhidas a partir de testemunhos de sondagem e do arquivo do IST, com respectivas referências e quantidade de lâminas polidas produzidas.*

		Nº de amostras	Referência das amostras	Nº de lâminas polidas
Testemunhos de Sondagem	EG1701	2	EG-02; EG-13	2
	EG1702	4	EG-01; EG-07; EG-08; EG-09	4
	EG1703	8	EG-03; EG-06; EG-10; EG-11; EG-19; EG-20; EG-21; EG-22	12
	EG1704	2	EG-04; EG-23	3
	EG1805	7	EG-05; EG-12; EG-14; EG-15; EG-16; EG-17; EG-18	7
	EG1807	1	EG-24	2
IST		10	EG_REF1; EG_REF2; EG_REF3; EG_REF4; EG_REF5; EG_REF6; EG_REF7; EG_REF8; EG_REF9; EG_REF10	10
		34		40

III.3. Levantamento Estrutural de Galerias

O levantamento estrutural incidiu essencialmente nos pisos 835 e 855, os únicos patamares actualmente acessíveis da mina de Escádia Grande. O trabalho foi desenvolvido no período compreendido entre 10 e 13 de Julho de 2018 e, subsequentemente, nos dias 17 e 18 de Outubro de 2018. A cartografia realizada por Carvalho (1988b), à escala de 1:100, foi utilizada como suporte, sendo especialmente útil em zonas com grandes capas de escorrência que dificultam sobremaneira a observação. Realizaram-se medições sistemáticas de estruturas frágeis, nomeadamente das que se relacionam directamente com os corpos filonianos potencialmente mineralizados. A totalidade do trabalho desenvolvido ao nível das galerias contou com o precioso auxílio da Dr^a Daniela Lobarinhas.

⁷ Apesar de não integrar o conjunto de testemunhos estudados, foi colhida uma amostra de filão de quartzo brechificado e preenchido por pirite referente à sondagem EG1807.

Terminado o trabalho de campo e de classificação de sondagens, todas as etapas subsequentes foram desenvolvidas nas instalações do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa.

III.4. Processamento Laboratorial

Após o registo fotográfico de todas as amostras, procedeu-se à produção de taliscas⁸, seleccionando cuidadosamente secções-chave. O corte das amostras foi realizado com serra diamantada, obtendo-se taliscas com dimensão adequada para serem coladas em placas de vidro despolido (4.7x2.7 mm). Depois de colar a superfície de interesse na superfície de vidro, as taliscas foram novamente cortadas (garantindo uma espessura próxima 0.5 mm) e, finalmente, desgastadas e polidas até atingir 30 µm de espessura. Para as 34 amostras colhidas, produziram-se 40 lâminas polidas. Por vezes, texturas complexas envolvendo minerais com durezas contrastantes impediram a obtenção do polimento ideal.

III.5. Análise Petrográfica

Esta fase do trabalho incluiu a caracterização microscópica em luz transmitida e reflectida, pormenorizada e individual de todas as lâminas polidas produzidas, e decorreu no período entre Setembro de 2018 e Janeiro de 2019. O estudo petrográfico incidiu essencialmente na organização cronológica de preenchimentos hidrotermais, dando especial atenção aos arranjos microestruturais denunciadores da deformação acomodada pelos agregados de quartzo, e na identificação de fases acessórias, detalhando preenchimentos e arranjos texturais correlacionáveis com o evento mineralizante.

III.6. Química Mineral

O estudo de química mineral foi realizado com auxílio do equipamento JEOL JXA 8200 (microsonda electrónica). Este modelo inclui um espectrómetro de dispersão de energia (EDS), quatro espectrómetros de dispersão de comprimento de onda (WDS), um detector de electrões secundários, um detector de electrões retrofundidos e seis cristais analisadores (2LIF, LIFH, 2PET, PETH, TAP, LDE2). Das 40 lâminas, seleccionaram-se 12 representativas de todas as gerações de preenchimentos minerais para análises pontuais de química mineral. As lâminas foram cobertas com uma fina camada de carbono (20 nm) e as análises pontuais foram realizadas sob as seguintes condições analíticas: diâmetro de feixe (5 µm), corrente de emissão de 2.5×10^8 A, potencial de aceleração igual a 15 kV e 20 s como tempo de contagem. Esta etapa procurou investigar a variação composicional das diferentes fases minerais constituintes dos diferentes preenchimentos, atribuindo particular destaque às gerações associadas ao evento mineralizante principal. Os padrões analíticos utilizados e os limites de detecção (de cada geração para todas as fases minerais) constam dos Anexos 4 e 5, respectivamente.

III.7. Litogeoquímica

Esta componente do trabalho teve como objectivo investigar a possibilidade de discriminar domínios potencialmente mineralizados através de associações geoquímicas específicas. Para tal utilizou-se o banco de dados de litogeoquímica coligido pela EDM ao longo do período entre Maio e Agosto de 2018, o qual inclui 298 amostras de testemunhos de sondagem.

III.8. Projecção Espacial

A projecção espacial das estruturas frágeis foi realizada à escala dos pisos 835 e 855, com o auxílio do *software* “Target”, com vista a compreender o arranjo estrutural envolvido no controlo da mineralização. A projecção espacial de teores em diversos elementos foi executada para a galeria do piso 855⁹, através da ferramenta “ArcGis”, de modo a perceber qual a correlação espacial entre teores mais elevados e estruturas frágeis potencialmente mineralizadas.

⁸ Este procedimento não foi aplicado para as amostras provenientes do IST, visto que apenas foram amostradas taliscas dos exemplares disponíveis.

⁹ Banco de dados de litogeoquímica resulta de uma campanha de amostragem (em canal) realizada nas galerias e acessos dos pisos 835 e 855 pela EDM.

IV. Reclassificação de Sondagens

Entre Julho de 2017 e o mesmo mês de 2018, a EDM realizou 7 sondagens, das quais 5 foram descritas no âmbito da elaboração deste relatório. Os trabalhos de perfuração, executados na periferia da mina de Escádia Grande, tinham como principal objectivo estudar o prolongamento lateral e em profundidade de estruturas mineralizadas. As sondagens foram projectadas para o mesmo azimute e com pendores semelhantes; nestas circunstâncias é expectável que a orientação das diferentes famílias de estruturas relativamente ao eixo dos testemunhos não varie de modo significativo.

Tabela IV.1 – Coordenadas, azimutes, inclinações e comprimentos das sondagens projectadas pela EDM. Nota: Coordenadas rectangulares com ponto central e datum localizados na Melriça (Datum 73) [Sistema de coordenadas ETRS89]. Sondagens com (*) não foram descritas.

	COORDENADAS	AZIMUTE (°)	INCLINAÇÃO (°)	COMPRIMENTO (METROS)
EG1701	1280, 45857	35	49	142.1
EG1702	1328, 45769	30	55	222.0
EG1703	1449, 45635	35	50	164.0
EG1704	1546, 45602	35	60	213.0
EG1805	1710, 45585	35	60	221.4
EG1806*	1815, 45593	35	50	205.0
EG1807*	1208, 45992	30	60	205.1

A descrição das sondagens teve como principal foco catalogar e organizar cronologicamente as diferentes gerações de estruturas, na sua larga maioria hospedadas numa sequência metassedimentar, correspondentes a descontinuidades do maciço rochoso sublinhadas por precipitados minerais específicos, se bem que sistematicamente dominados por quartzo. A diferenciação destas estruturas teve em conta diferentes critérios, nomeadamente: (i) relações de corte; (ii) associações minerais constituintes dos precipitados; (iii) orientação relativamente ao eixo do testemunho e aos planos de estratificação; (iv) presença ou ausência de efeitos imputáveis a brechificação; e (v) isomorfismo de determinadas fases minerais. A análise/descrição das várias estruturas com presença recorrente nos testemunhos de sondagem culminou no estabelecimento das seguintes gerações de preenchimentos¹⁰:

✓ 1ª geração de quartzo – Quartzo escuro em bolsadas irregulares no seio do encaixante xisto-grauvacóide, com pouca expressão ao nível dos testemunhos de sondagem.

✓ 2ª geração de quartzo – Filonetes dobrados de quartzo escuro subperpendiculares à estratificação ou a esta fortemente oblíquos.

✓ 3ª geração de quartzo – Quartzo de tonalidade escura, por vezes acompanhado de clorite, preenchendo fendas ou faixas de coalescimento de múltiplas fendas, sistematicamente instaladas ao longo da descontinuidade planar que materializa a estratificação (S₀). Frequentemente, observam-se fragmentos segmentados da rocha encaixante no seio destes arranjos estruturais.

✓ 4ª geração de quartzo – Fendas de quartzo + clorite + pirite ± carbonato com orientação variável, tipicamente oblíquas à estratificação. Ocasionalmente, a associação mineralógica associada a esta fase é mais diversificada, verificando-se a ocorrência de epidoto e albite (?).

✓ 5ª geração de quartzo – Fendas de quartzo + pirite ± carbonato ou apenas preenchidas por pirite, cujo desenvolvimento é controlado pelos planos de estratificação, nomeadamente em domínios pelíticos, sendo frequentemente preservados fragmentos segmentados de encaixante em faixas de coalescimento. Por vezes, o carbonato ocorre sob a forma de “escamas elípticas alongadas”.

¹⁰ Informação detalhada acerca de cada geração identificada pode ser consultada no Anexo 1.

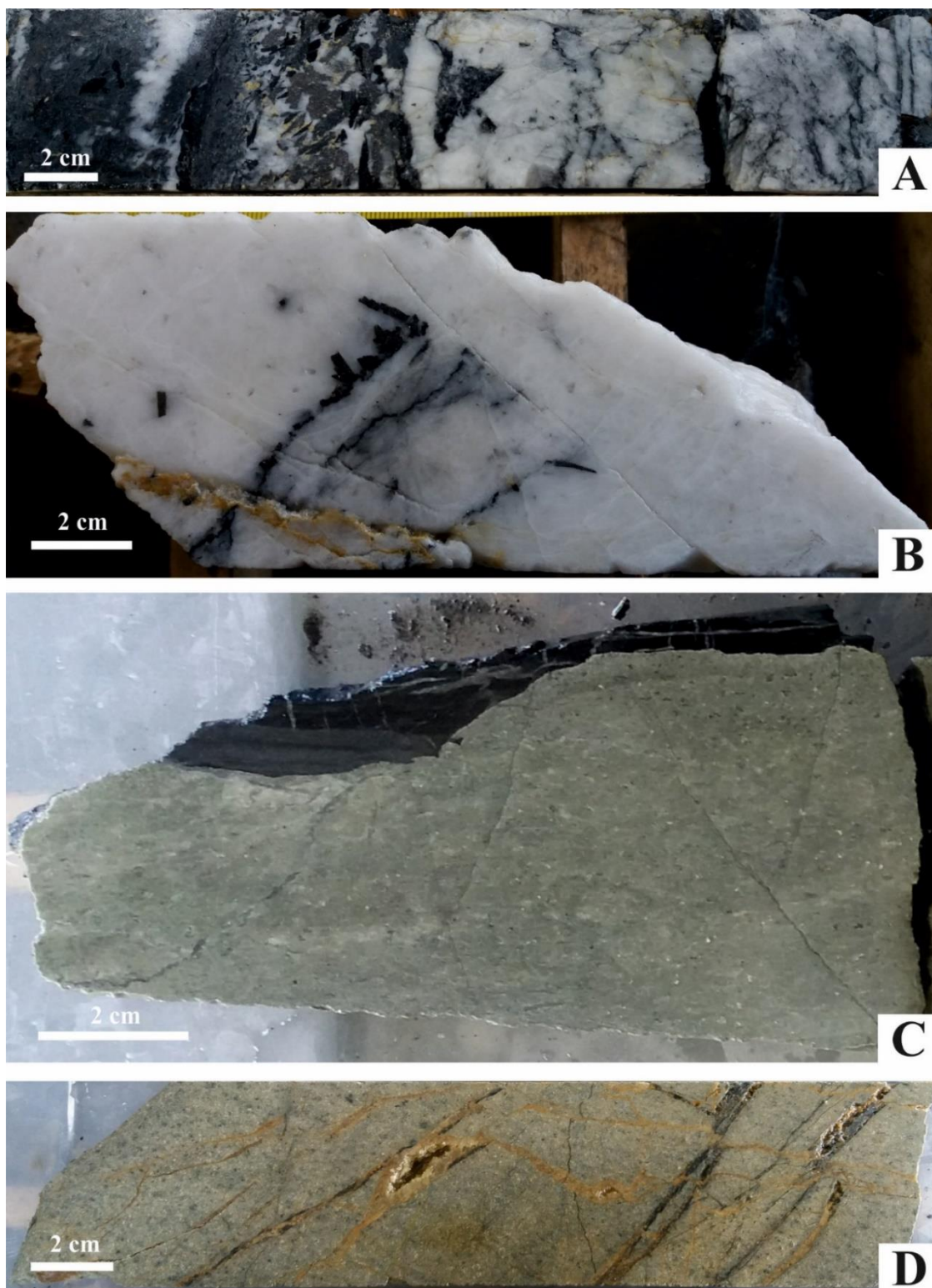


Figura IV.1 – Exemplares potencialmente úteis para o constrangimento temporal do evento mineralizante e de instalação do corpo ígneo: **A** – Filão de quartzo leitoso com evidências de brechificação local. A brecha inclui fragmentos de material encaixante, bem como de arsenopirite grosseira, e encontra-se cimentada por quartzo leitoso e carbonato. Notar a presença de filonetes escuros no seio do filão (à direita) que podem corresponder a estruturas mineralizadas (Sondagem EG1703); **B** – Filonetes escuros potencialmente mineralizados, ricos em arsenopirite, cortados por filonetes de carbonato + quartzo e truncados por nova bolsa de quartzo leitoso (Sondagem EG1703); **C** – Rocha ígnea cortando fendas de quartzo + pirite instaladas num horizonte de composição pelítica, pertencentes à 5ª geração de estruturas. Notar que o contacto do corpo intrusivo com o encaixante corta com baixo ângulo os planos de estratificação (Sondagem EG1805); **D** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro + carbonato + esfalerite, e subsequentemente por veios de carbonato com crescimento mineral em espaço aberto. A cor alaranjada da rocha indicia processos de carbonatação. (Sondagem EG1805).

✓ 6ª geração de quartzo – Fendas de quartzo leitoso + carbonato \pm sulfuretos com orientação variável, preservando arranjos internos imputáveis a desenvolvimento polifásico. Frequentemente, observam-se efeitos resultantes de brechificação, especialmente associados a estruturas subperpendiculares ao eixo dos testemunhos de sondagem e/ou aos planos de estratificação, acompanhados por precipitação de sulfuretos (pirite, arsenopirite, esfalerite).

✓ 7ª geração de quartzo – Fendas tardias de quartzo leitoso + carbonato euédrico preenchendo fendas oblíquas à estratificação que cortam a geração anterior. Ocasionalmente, o preenchimento mineral inclui a presença de um mineral verde, de dureza baixa (possivelmente celadonite), e/ou galena. Após reconhecimento das diferentes gerações de estruturas, depreende-se também que S_0 acomoda parte significativa da deformação, funcionando frequentemente como planos preferenciais de deslizamento. Não raramente, esta dinâmica concorre para a abertura de espaço e desenvolvimento de preenchimentos quartzosos concordantes com S_0 , tal como acontece com a 3ª e 5ª gerações de estruturas.

Os preenchimentos quartzosos incluídos na 6ª geração de estruturas (tipicamente subperpendiculares ao eixo dos testemunhos de sondagem e acompanhados de fenómenos de brechificação), tendem a ser as mais possantes, relacionando-se, possivelmente, com as estruturas potencialmente mineralizadas. A mineralização aurífera associa-se (presumivelmente) a filonetes escuros ricos em arsenopirite, normalmente hospedados nestes filões, que documentam eventos tardios de fracturação. Importa constatar a cronologia relativa do evento mineralizante e integrá-lo na sequência definida para as diversas gerações de quartzo identificadas. Admitindo que existe correspondência entre a instalação dos filões e da 6ª geração de estruturas, é possível estabelecer, grosso modo, um limite temporal para a base do evento mineralizante. Adicionalmente verifica-se que os filões possantes e os filonetes escuros, presumivelmente mineralizados, são ocasionalmente afectados por fenómenos de brechificação (Figura IV.1-A) e cortados por filonetes de carbonato + quartzo ou mesmo truncados por novas bolsadas de quartzo leitoso (Figura IV.1-B), indicando circulação significativa de fluido após o evento mineralizante. Esses preenchimentos tardios podem corresponder à 7ª geração de estruturas identificada e a nova bolsada pertencente à 6ª geração, respectivamente. Contudo, tal conclusão carece de confirmação subsequente, admitindo que a caracterização petrográfica é suficiente para o efeito. Finalmente, constata-se a presença de uma rocha ígnea equigranular fina, de cor esverdeada, identificada por Carvalho (1988a) como rocha máfica, não obstante a quantidade significativa de quartzo que contém. Este corpo ígneo intersecta fendas pertencentes à 5ª geração de estruturas (Figura IV.1-C) e é cortado por filonetes de quartzo negro acompanhado de carbonato e/ou sulfuretos (esfalerite), e veios de carbonato com clara evidência de crescimento mineral em espaço aberto, por vezes acompanhados de processos de carbonatação (Figura IV.1-D).

V. Amostragem¹¹

V.1. Amostragem de testemunhos de sondagem

A amostragem realizada tem como objectivo documentar as estruturas identificadas durante a caracterização das sondagens, seleccionando exemplares característicos de cada geração atendendo ao tipo de preenchimento mineral e relações de corte estabelecidas entre si (EG-01 a EG-11). Algumas amostras foram colhidas com o propósito de investigar particularidades a nível litológico [como os leitos com elementos esferoidais, possivelmente de origem vulcano-sedimentar (EG-12), e a rocha ígnea (EG-14 a EG-17)], e mineralógico [como galena (EG-18) e o mineral verde de baixa dureza (EG-07 e EG-12) associados à última geração de estruturas, bem como o mineral rosado (EG-19) por vezes presente associado a quartzo], suscitadas pela observação macroscópica.

¹¹ As amostras seleccionadas e respectivas descrições macroscópicas, referentes aos testemunhos de sondagem e às amostras da colecção do IST, podem ser consultadas, respectivamente, nos Anexo 2 e 3.

A colheita de amostras de rocha ígnea visou a obtenção de elementos factuais que permitissem posicionar o evento da sua instalação na cronologia relativa definida para as diferentes gerações de estruturas (EG-14 e EG-15), para além de documentar possíveis processos de carbonatação (EG-14) e filonetes de quartzo negro acompanhado de carbonato e/ou sulfuretos (EG-15 e EG-16). A quantidade significativa de quartzo que esta rocha incorpora, uma vez demonstrada a sua origem secundária, poderá documentar processos de silicificação, tal como os registados nas amostras EG-05 e 13.

Dada a possibilidade da mineralização se associar preferencialmente a filonetes de arsenopirite (EG-20, EG-21, EG-22a e EG-22b), importa proceder à sua análise microscópica e procurar identificar eventuais fases minerais acessórias, potencialmente reveladoras de fontes metalíferas e/ou indicadoras dos mecanismos que deverão ter condicionado o essencial do transporte e deposição do Au. O constrangimento temporal do evento mineralizante relativamente às famílias de estruturas previamente identificadas pode ser refinado através da análise cuidada do registo geológico que testemunha a progressão de eventos tardios responsáveis pelo desenvolvimento de estruturas que cortam os filonetes mineralizados (EG-22a e EG-22b). A identificação de filossilicatos presentes em determinados preenchimentos minerais, em particular nos que selam as estruturas filonianas de quartzo leitoso, não raramente acompanhados de arsenopirite (EG-18 e EG-24), pode revelar-se útil para a caracterização do regime térmico associado à instalação dessas estruturas. Finalmente, a amostragem procurou contribuir para a elucidação do controlo estrutural e do polifasismo do sistema mineralizante, detalhando eventos de brechificação, nomeadamente os que se associam a descontinuidades subperpendiculares ao eixo das sondagens (EG-01), ocasionalmente hospedeiras de filões possantes de quartzo leitoso (EG-20). Estes fenómenos caracterizam-se por diversos eventos de brechificação e selagem (EG-23), alguns deles afectando os próprios filões (EG-20 e EG-24).

V.2. Amostragem da colecção do IST

Em Maio de 2018 foram disponibilizadas para consulta, por parte do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos do Instituto Superior Técnico, amostras de referência provenientes da mina de Escádia Grande, colhidas pelo Prof. Décio Thadeu. As amostras correspondem essencialmente a exemplares dos corpos filonianos explorados durante a laboração da mina, os quais apresentam particularidades difíceis de caracterizar apenas com base no conjunto de informações compiladas a partir das sondagens efectuadas pela EDM. Assim, o estudo dos exemplares seleccionados de entre os constituintes daquela colecção de referência tem como principal intuito reunir informação petrográfica complementar sobre o registo geológico que melhor documenta o(s) evento(s) mineralizante(s).

Considera-se essencial a análise de exemplares que preservem registos de aberturas sob a forma de “filonetes escuros” (que, presumivelmente, hospedam a mineralização aurífera – EG_REF4 e EG_REF8) ou de eventos de brechificação (que, aparentemente, condicionam também a precipitação de quantidades significativas de sulfuretos – EG_REF1, EG_REF3 e EG_REF6). Relativamente a estes últimos é igualmente importante diferenciar os sucessivos episódios de fragmentação e selagem que concorrem para a formação de brechas polimíticas que, para além de clastos da rocha metassedimentar hospedeira das estruturas mineralizadas, incorporam fragmentos de quartzo com diferentes características macroscópicas e exibem ampla variedade de cimentos quartzosos distinguíveis por contrastes de tonalidade (EG_REF3 e EG_REF7). Adicionalmente importa examinar preenchimentos tardios de galena e carbonato, dada a sua escassez nos testemunhos de sondagem (EG_REF2, EG_REF4 e EG_REF5), assim como alternâncias de tonalidade do quartzo com desenvolvimento subparalelo aos filonetes enriquecidos em arsenopirite, as quais podem remeter para a possibilidade de diferentes graus de endurecimento daquele tectossilicato e/ou enriquecimentos variáveis em arsenopirite (EG_REF4, EG_REF9 e EG_REF10). Finalmente, pretende-se investigar os arranjos texturais que, à escala microscópica, tipificam os efeitos da deformação acomodada por agregados de quartzo constituintes das estruturas hospedeiras dos filonetes potencialmente mineralizados (EG_REF10).

VI. Levantamento Estrutural de Galerias

A mina de Escádia Grande constitui uma antiga exploração mineira de ouro, desenvolvida em flanco de encosta, composta por 7 pisos. A projecção dos diferentes patamares foi definida durante o período de laboração da mina e procurou acompanhar o prolongamento em profundidade da estrutura mineralizada principal. Por esse motivo, o avanço dos trabalhos exploratórios para cotas inferiores é marcado pela translação progressiva das galerias para o quadrante SW (Figura II.3).

Foi realizado o levantamento estrutural dos pisos 835 e 855, representados a amarelo e azul, respectivamente, na Figura II.3, que correspondem aos patamares de maior cota da mina e os únicos acessíveis actualmente. O levantamento teve como principal propósito a catalogação das diferentes estruturas, agrupando-as em conjuntos, cuja cronologia relativa foi estabelecida com base em relações de corte e em critérios cinemáticos (*e.g.* rejeitos, rotação de S_0 no interior de caixas de falha, dobras de arraste). Uma vez estabelecida a sequência cronológica de estruturas, consideraram-se os aspectos que permitiram fundamentar a sua relação com diferentes preenchimentos minerais, tentando simultaneamente correlacioná-los com os identificados durante a caracterização dos testemunhos de sondagem. Contudo, esta correspondência foi dificultada pela alteração frequente das associações minerais constituintes dos diversos preenchimentos quartzosos, bem como pelas abundantes capas de material de escorrência. Por conseguinte, as correlações pretendidas foram determinadas unicamente com base nos seguintes indicadores: (i) orientação dos preenchimentos quartzosos em relação a S_0 ; (ii) inclusão de fragmentos de encaixante; (iii) presença de agregados oxidados, interpretados como produto de alteração de sulfuretos; e (iv) efeitos imputáveis a diferentes graus de endurecimento da matriz quartzosa. Afigura-se igualmente importante procurar entender o mecanismo de desenvolvimento dos filões e filonetes ricos em arsenopirite, potencialmente mineralizados, integrando-os na sequência cronológica de estruturas previamente definida. Desta forma, a estruturação interna dos filões foi analisada com especial atenção no sentido de constranger o(s) evento(s) mineralizante(s) e, simultaneamente, contribuir com diversos elementos factuais que permitam enriquecer o levantamento realizado por Carvalho (1988)¹².

VI.1. Conjuntos de Descontinuidades

Após levantamento estrutural de ambos os pisos, projectaram-se as medições efectuadas num estereograma no sentido de identificar agrupamentos que possam representar famílias de descontinuidades (Figura VI.1a). Reconhecem-se pelo menos 5 famílias de descontinuidades:

1. Estruturas com pendor para o quadrante SW;
2. Estruturas com pendor para NE;
3. Estruturas com inclinação para N;
4. Estruturas com inclinação para E;
5. Estruturas com baixo pendor para WNW.

Verifica-se também que as estruturas filonianas se dispõem sistematicamente com pendor para SW a SSW e que os eventos de brechificação tendem a ocorrer preferencialmente associados a falhas de menor inclinação (Figura VI.1b).

¹² Mapas geológicos referentes aos pisos 835 e 855 elaborados com base nos mapas de Carvalho (1988) podem ser consultados no Anexo 9. Importa notar que estes ilustram a cartografia das galerias em planta e à altura do ombro; ocasionalmente os hasteais e secções perpendiculares à galeria são igualmente cartografadas, sendo privilegiada informação de natureza estrutural, razão pela qual se encontram normalmente desprovidos de simbologia referente ao tipo litológico.

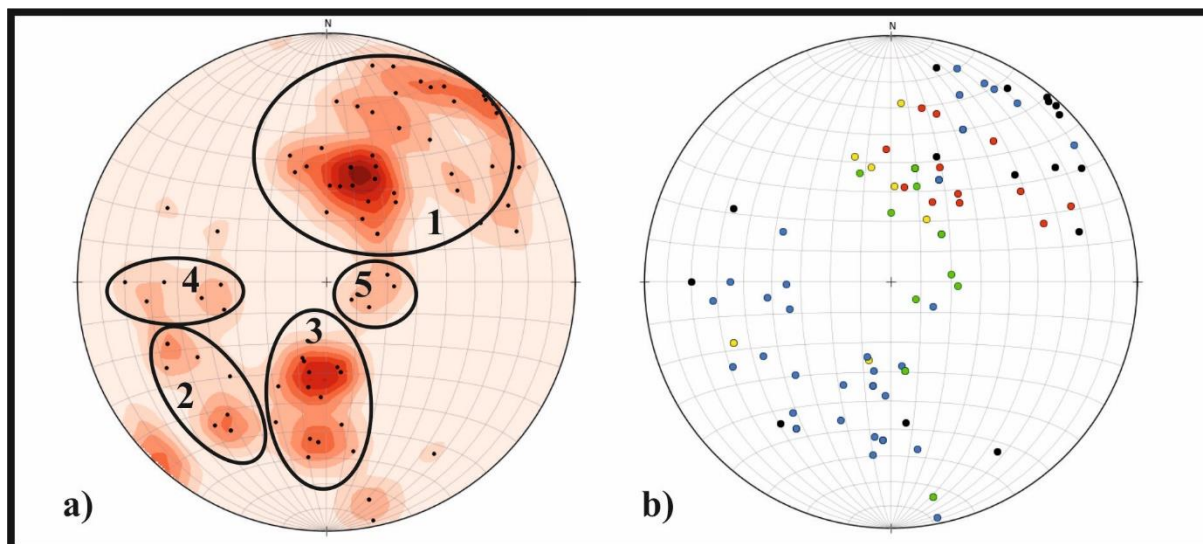


Figura VI.1 – Projecção estereográfica dos pólos correspondentes às discontinuidades medidas nos pisos 835 e 855 da mina: (1) Estruturas com pendor para o quadrante SW; (2) Estruturas com pendor para NE; (3) Estruturas com inclinação para N; (4) Estruturas com inclinação para E; (5) Estruturas com baixo pendor para WNW. Importa sublinhar que a abundância relativa de medições de cada família de discontinuidades (a) não é necessariamente proporcional à realidade; o eventual enviesamento das medições resultantes do levantamento estrutural advém do facto de se terem privilegiado afloramentos relevantes para a compreensão dos mecanismos de instalação de filões e estruturas mineralizadas. Encontram-se igualmente projectados os mesmos pólos segundo esquema de cores (b) estabelecido com o intuito de diferenciar: (i) discontinuidades sem cinemática inferida (preto); (ii) falhas com cinemática inferida (azul); (iii) estruturas com evidências de brechificação associada (verde); (iv) discontinuidades com preenchimento mineral (amarelo); e (v) filões de quartzo leitoso (vermelho).

As estruturas com inclinação para SW a S apresentam cinemática tipicamente inversa com componente de desligamento esquerdo (Figura VI.2-A), confinando frequentemente o desenvolvimento de precipitados de quartzo leitoso. Nas discontinuidades de menor pendor, o preenchimento mineral tende a ser acompanhado de fragmentos de rocha encaixante resultantes de fenómenos locais de brechificação. Constata-se ainda a génese de fendas *en échelon* preenchidas por quartzo leitoso, precursoras da instalação destas discontinuidades. Estas estruturas de cisalhamento apresentam orientação compatível com cinemática inversa sugerida pelo arraste das superfícies de estratificação (Figura VI.2-B). Apófises com preenchimento de quartzo acompanhado de fragmentos de encaixante, idênticas às descritas na Figura VI.2-B (fendas 2), tendem também a ser geradas na dependência de estruturas frágeis maiores. A sua orientação não é aleatória, resultando da interferência espacial entre discontinuidades pré-existent e os principais planos de deslizamento que, aliada à circulação de fluidos e incremento local de pressão hidráulica, promove fenómenos de brechificação circunscritos.

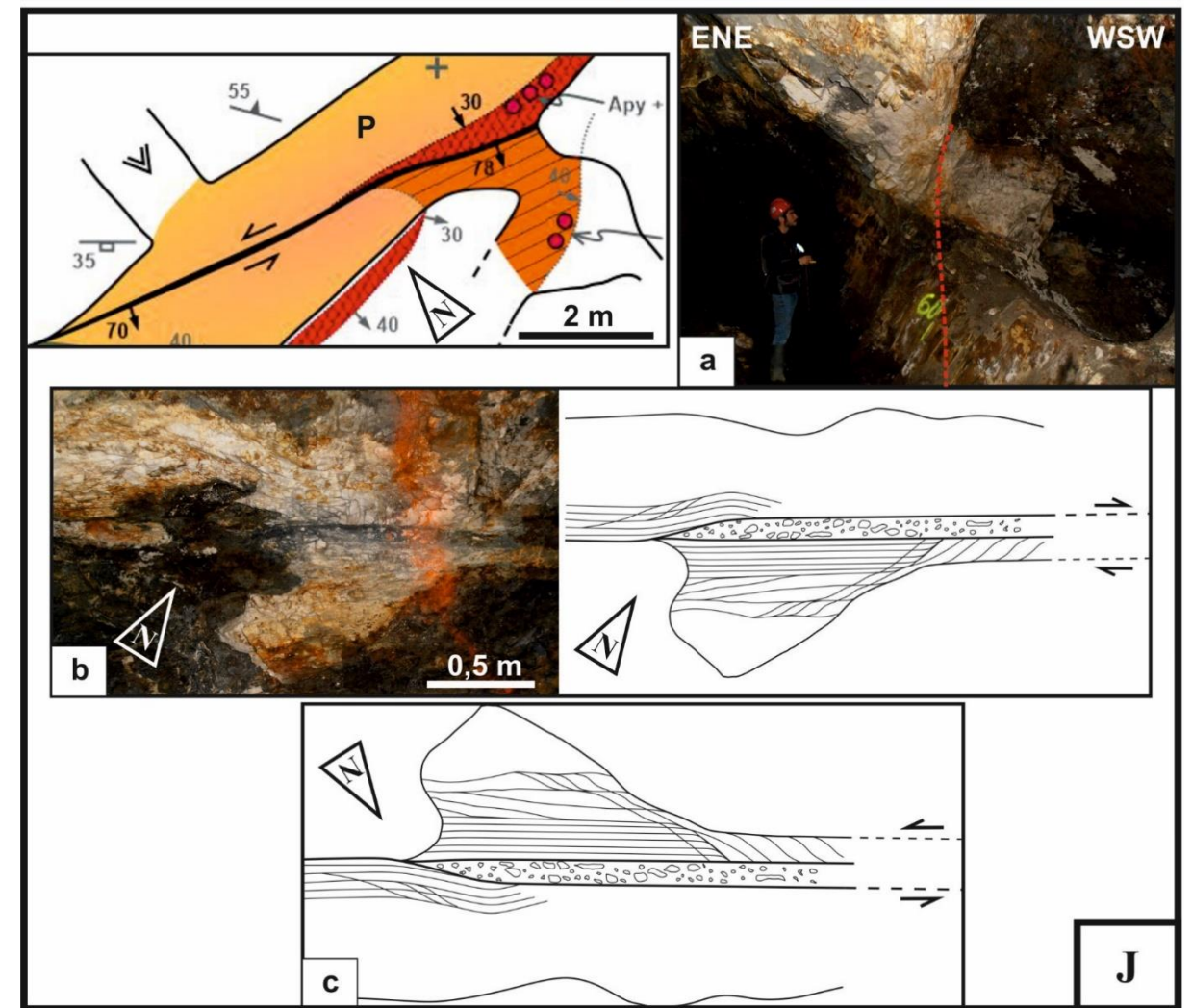
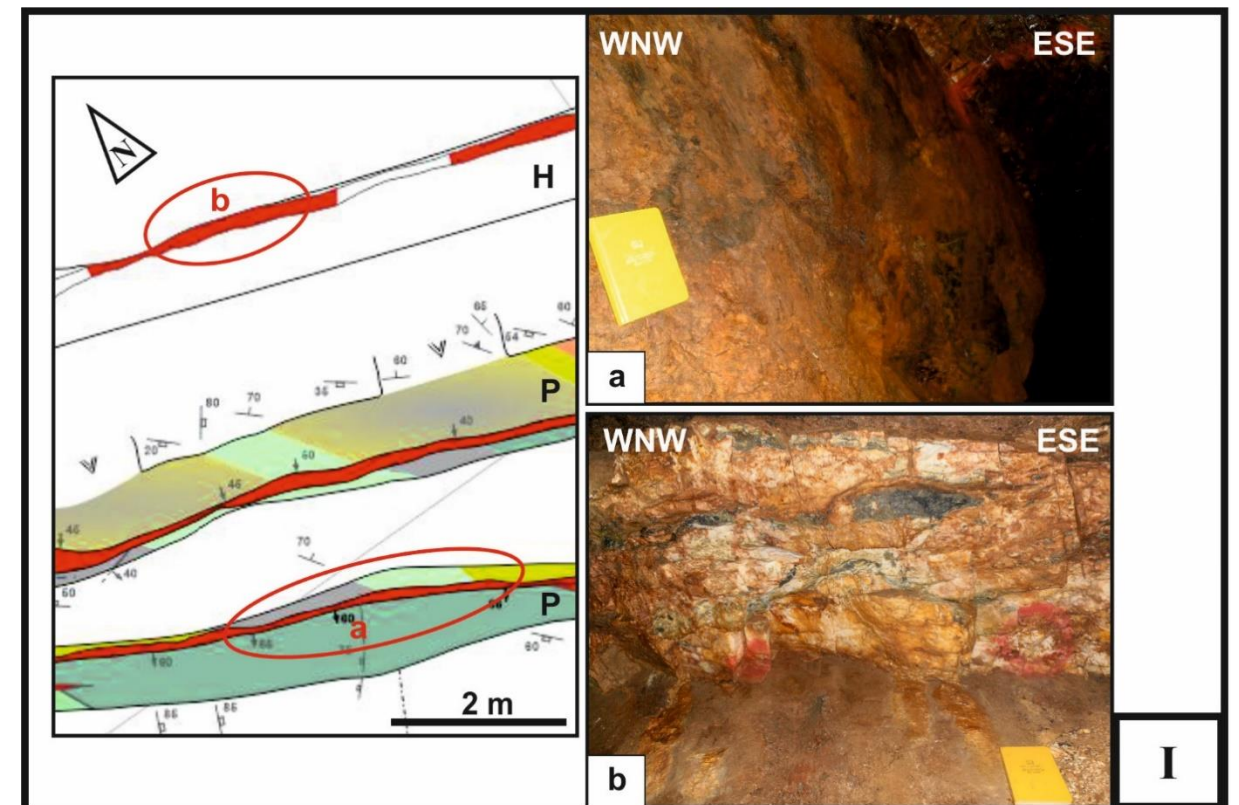
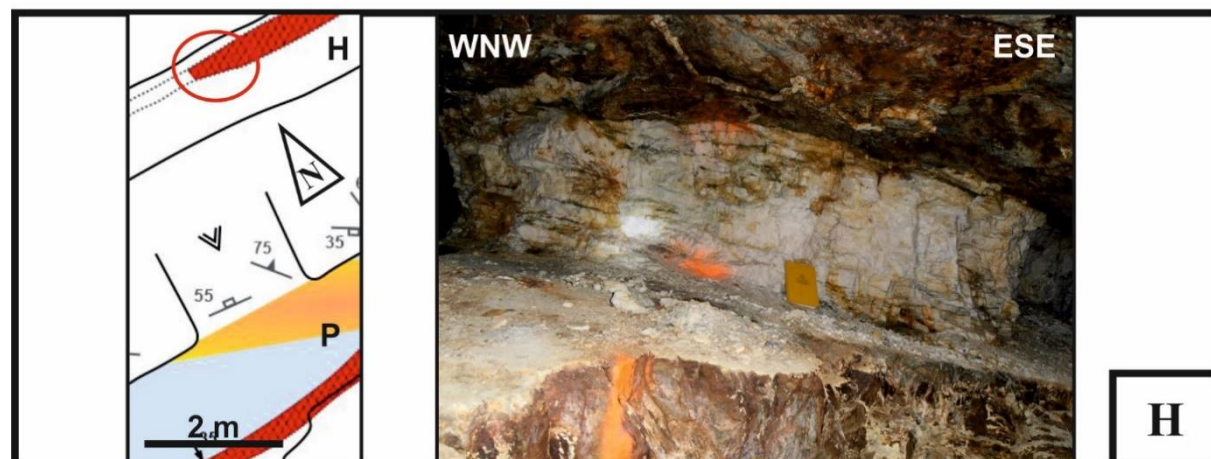
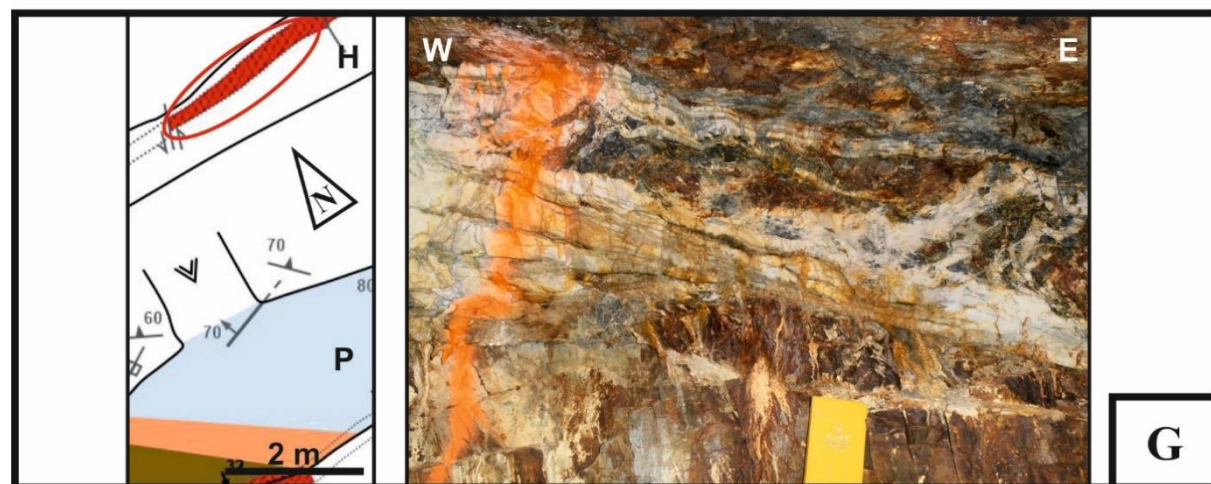
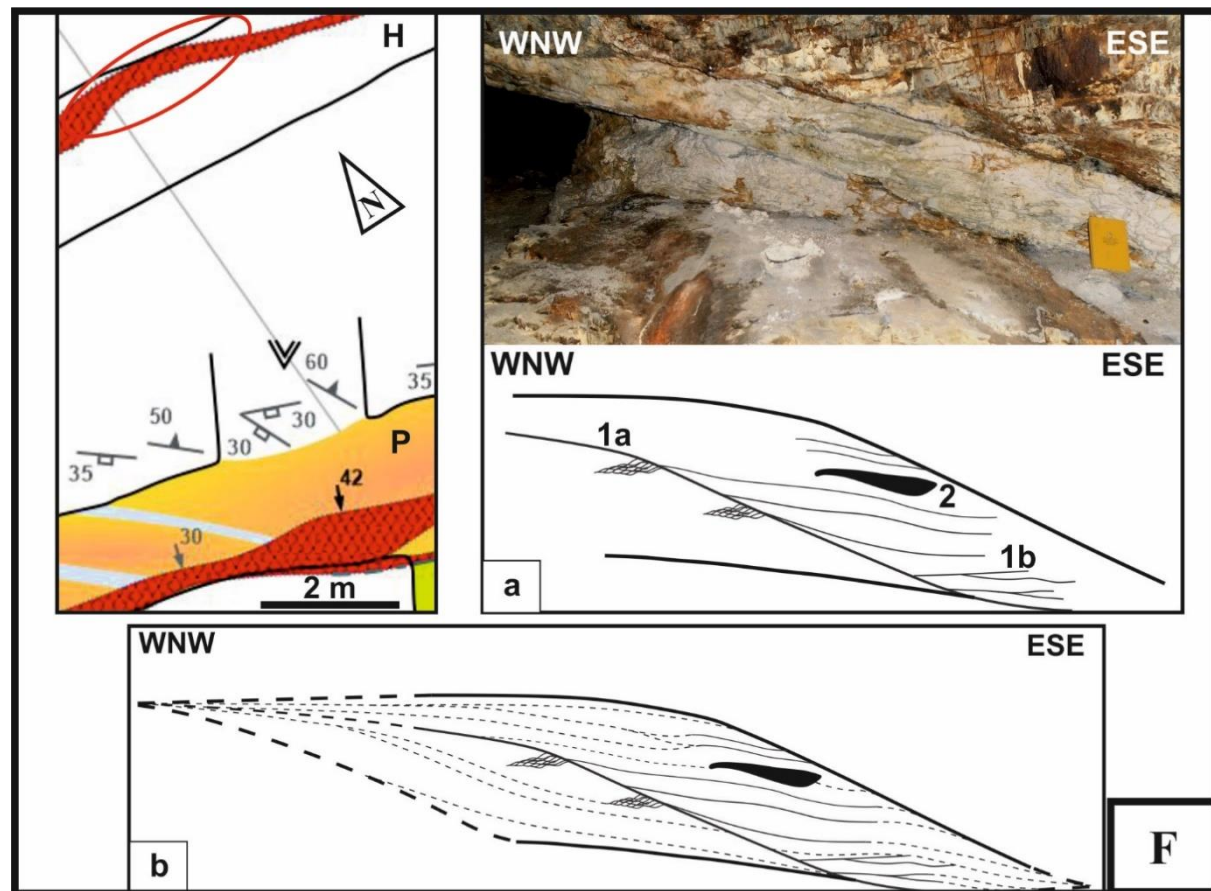
Os filões de quartzo leitoso potencialmente mineralizados explorados na mina de Escádia Grande dividem-se em dois grupos: (i) estruturas de menor pendor para SSW e (ii) estruturas de maior pendor, geralmente para o quadrante SW. O processo de instalação dos corpos de quartzo leitoso pertencentes ao grupo (i) traduz-se pela abertura de fendas, com pendor médio para SSW, controlada por um corredor de cisalhamento em regime inverso esquerdo (Figuras VI.2-C e VI.2-D). As etapas iniciais de abertura destas estruturas caracterizam-se pela inclusão de quantidade significativa de fragmentos segmentados de encaixante. A progressiva acomodação de deformação ao longo de múltiplos impulsos concorre para o sucessivo alastramento e coalescimento das fendas e, conseqüentemente, para a geração de canais responsáveis pelo escoamento focalizado de fluido. Desta forma, os fragmentos de encaixante, outrora englobados no seio das fendas, tendem a ser gradualmente destruídos, permanecendo preservados e orientados apenas nas extremidades destas estruturas (Figura VI.2-E). O quartzo que preenche as fendas regista efeitos de cominuição (cataclase) heterogénea, presumivelmente em condições de baixa temperatura e *strain-rate* elevado. Os eventos mais tardios são acompanhados por preenchimento

mineral escuro e tipicamente coincidem espacialmente com agregados minerais de cor esverdeada (Figura VI.2-F).

As estruturas com preenchimento mineral de cor escura, às quais se associam minerais de alteração de tonalidade esverdeada, correspondem aos filonetes de arsenopirite documentados como potenciais hospedeiros da mineralização de ouro (Carvalho, 1988). Desta forma, os agregados minerais de alteração de cor verde são interpretados como resultado da meteorização química de arsenopirite (escorodite) e, portanto, como bom indicador da abundância relativa deste sulfureto. Nos corpos lenticulares de baixo pendora para SSW, a instalação dos filonetes escuros pode ocorrer: (1) de forma orientada, com poucas ou nenhuma evidências de cominuição do material silicioso, especialmente nas suas extremidades, aproveitando anisotropias pré-existentes marcadas pelos fragmentos segmentados e orientados de rocha encaixante, possivelmente resultantes do coalescimento de fendas de menor dimensão (Figuras VI.2-E e VI.2-G); ou (2) de forma irregular, associada a fenómenos de cataclase heterogénea, que afectam preferencialmente os bordos dos corpos lenticulares de quartzo leitoso (Figura VI.2-H).

Estas fendas são posteriormente cortadas por estruturas com pendora para o quadrante SW que, tal como observado na exposição da Figura VI.2-A, apresentam geometria ondulada, tanto em direcção como em inclinação, resultante da propagação e coalescimento de descontinuidades estruturais ao longo do corredor de cisalhamento e no decurso de sucessivos ciclos sísmicos. No seio destas estruturas, especialmente em secções de maior inclinação, observam-se frequentemente enchimentos de quartzo leitoso acompanhado por filonetes escuros, potencialmente mineralizados, sem evidências de brechificação, cuja geometria se caracteriza por sucessivos estrangulamentos e espessamentos conforme convexidades e concavidades, respectivamente, do espelho de falha (Figura VI.2-I); estes preenchimentos integram o grupo (ii) de filões. Tais descontinuidades apresentam cinemática inversa, provavelmente dificultada pelo seu elevado pendora, e componente de desligamento esquerdo importante que concorre, não apenas para a sua abertura e subsequente enchimento, como para a cataclase dos corpos lenticulares de pendora para SSW, ao longo de diversos impulsos, tardiamente acompanhada por arsenopirite e, potencialmente, ouro (Figura VI.2-J). Estatisticamente, estas estruturas apresentam direcção média WNW-ESE, podendo variar entre 30 e 45°, e pendora elevado, tendencialmente para SSW, que pode flutuar entre 20 e 40°, podendo localmente exibir inclinação para o quadrante N (Figura VI.2-K). A relação de corte entre os corpos lenticulares de quartzo leitoso e as estruturas com geometria ondulada é exemplificada a menor escala pela Figura VI.2-B. Ocasionalmente, a movimentação inversa das estruturas com geometria ondulada reactiva os acidentes com pendora para NE, dada a sua predisposição espacial para o efeito (Figuras VI.2-L e VI.2-M); contudo, o seu preenchimento com quartzo leitoso e filonetes escuros, potencialmente mineralizados, em regime de desligamento esquerdo dominante, é posterior ao último episódio de reactivação destes acidentes (Figura VI.2-O). Adicionalmente, verifica-se que a movimentação inversa esquerda tardia do corredor de cisalhamento concorre para a abertura de fendas com fraco pendora para o quadrante NE e de estruturas pré-existentes, como sendo planos de estratificação, a muro dos corpos lenticulares de quartzo leitoso como consequência de estes se comportarem como corpos rígidos no seio de sequências metassedimentares tendencialmente mais dúcteis (Figura VI.2-N). Finalmente, após preenchimento, as estruturas filonianas instaladas em zonas de falha com geometria ondulada e pendora para o quadrante SW são rejeitadas por falhas inversas com pendora para N (Figura VI.2-O).





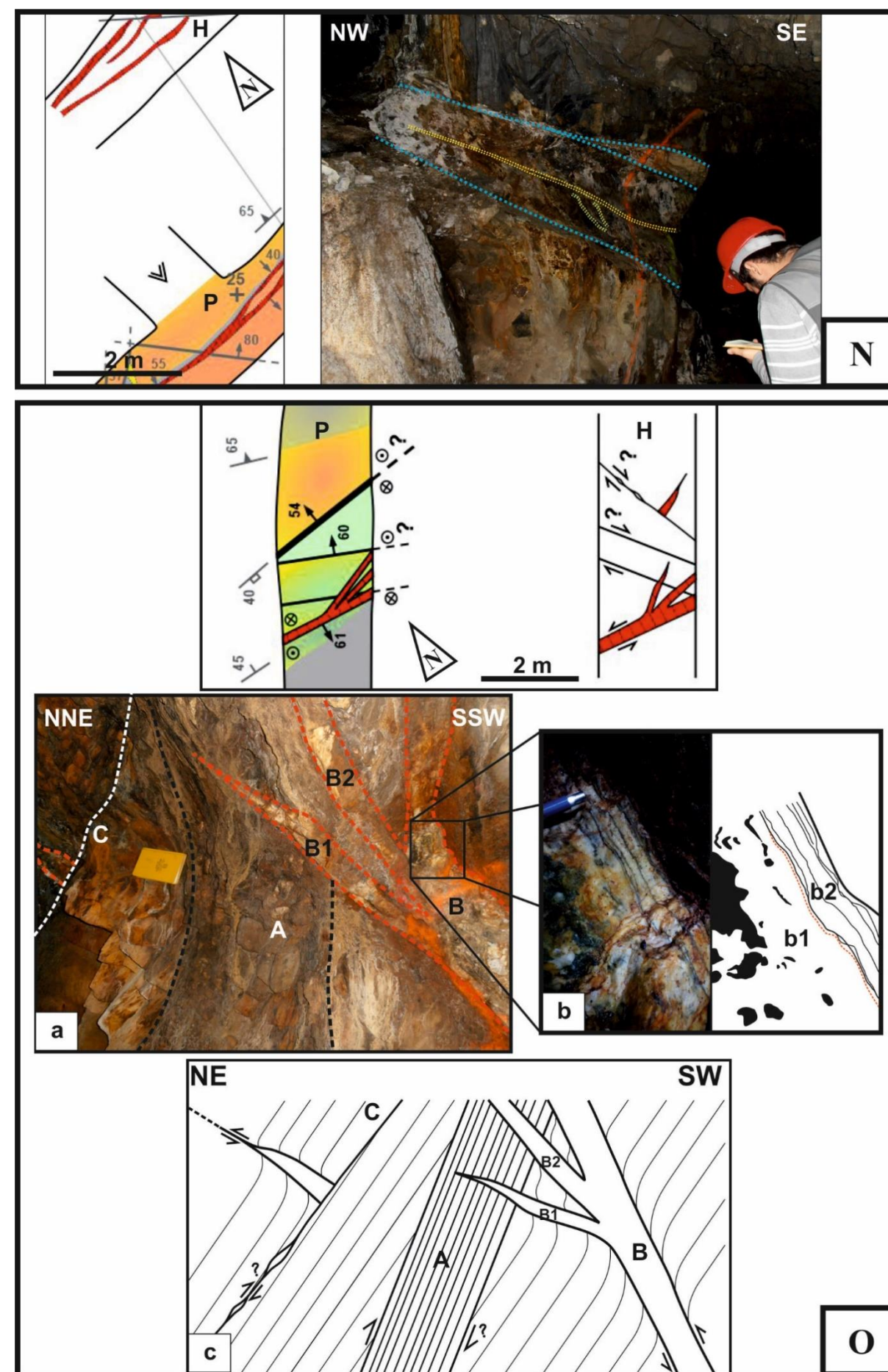
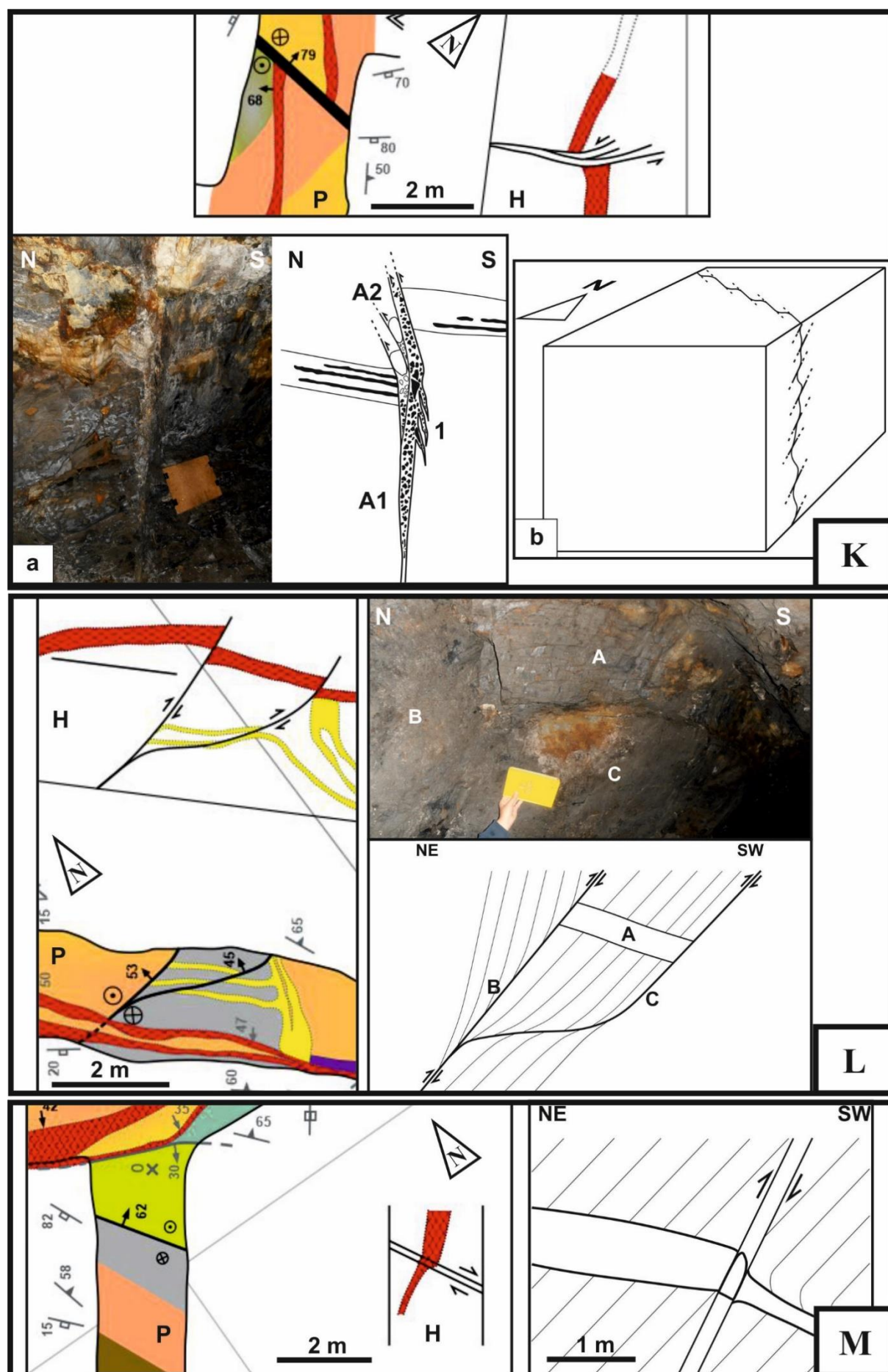


Figura VI.2 – Gênese, desenvolvimento e relações de corte entre estruturas dilatantes e frágeis – Corpos lenticulares de baixo pendor para SSW e falhas com pendor para o quadrante SW: **A** – Falha inversa com componente de desligamento esquerdo, apresentando pendor baixo para SW (A – N44°W, 23°SW) cuja movimentação transpõe localmente So e desencadeia eventos de brechificação que concorrem para a fragmentação do material metassedimentar, posteriormente cimentado por agregados de quartzo. Zonas de esmagamento com formas sigmoidais denunciam não apenas o carácter inverso (a) e esquerdo (b) destas estruturas, como também irregularidades do plano de falha possivelmente resultantes do coalescimento de descontinuidades menores (3c). Importa ainda notar que esta falha inversa corta uma outra zona de falha com pendor para NE (B – N59°W, 56°NE) e cinemática inversa direita [835; A; 50]; **B** – Preenchimentos de quartzo leitoso em zonas de falha com pendor para SW (A1 – N65°W, 58°SW; A2 – N65°W, 38°SW) e cinemática inversa. Observam-se ainda fendas com disposição em échelon (1), antecedendo a propagação das zonas de falha, assim como o desenvolvimento de apófises, com orientação N34°E, 17°NW, preenchidas por quartzo leitoso e evidenciando eventos de brechificação (2) [835; A; 33]; **C** – Fendas preenchidas por quartzo leitoso associadas ao bordo de corpo lenticular potencialmente mineralizado com orientação N82°W, 36°S (a), cujas terminações são marcadas por zona de transferência de movimento (horsetail). A disposição espacial das fendas quando rebatidas para um plano horizontal permite deduzir a componente esquerda do corredor de cisalhamento responsável pela sua abertura (b) [855; G; 40]; **D** – Cristais euédricos de quartzo cujo crescimento não se processa unicamente no sentido do núcleo da estrutura, mostrando que a abertura é governada por componente cisalhante importante, e não puramente dilatacional; **E** – Extremidade de corpo lenticular de quartzo leitoso, com orientação N49°W, 35° SW, preservando fragmentos segmentados e orientados de rocha encaixante. Na zona central do corpo lenticular verifica-se que a abundância relativa de fragmentos de encaixante diminui significativamente e que estes se encontram desorientados e silicificados. Importa ainda notar a presença de filonetes com preenchimento mineral escuro e orientação ligeiramente oblíqua àquela exibida pelos fragmentos segmentados de encaixante [855; G; 50]; **F** – Corpo lenticular de quartzo leitoso com orientação N62°W, 42°SW preservando evidências de processos intensos e recorrentes de cataclase (a). Notar o desenvolvimento de faixa de cominuição do material silicioso associada a evento tardio de cataclase, com orientação subparalela ao bordo superior do corpo lenticular e acompanhada de preenchimento mineral de cor escura (1a). Oblíquos a esta faixa, observam-se filonetes com preenchimento mineral semelhante (1b), espacialmente coincidentes com “manchas” de agregados minerais de cor esverdeada. Os preenchimentos minerais de cor escura anteriormente descritos aparentam realçar contactos entre fendas de menor dimensão, cujo coalescimento concorreu para a gênese do corpo lenticular maior (b). Adicionalmente verifica-se preservação de fragmento de encaixante fortemente silicificado (2) [855; G; 45]; **G** – Zona de coalescimento entre extremidades de dois corpos lenticulares de quartzo leitoso. Na fenda 1 abundam filonetes escuros dispostos em leque e convergindo no sentido do biselamento da lenticula. A extremidade da fenda 2 caracteriza-se pela preservação de fragmentos segmentados, cuja desorganização e grau de silicificação tendem a aumentar na zona central dessa estrutura [855; G; 58]; **H** – Zona central do corpo lenticular de quartzo leitoso exposto na Figura 2-E. Os efeitos de cataclase não se distribuem uniformemente, dando origem a faixas que afectam heterogeneamente o corpo lenticular, embora manifestando maior intensidade (tanto quanto é possível apreciar macroscopicamente) ao longo dos bordos [855; G; 52]; **I** – Espelho de falha ondulado com pendor variável entre SW e S (N55°W, 60°SW; N66°W, 72°SW; N75°W, 60°SSW; N85°W, 66°S) no qual se observam caneluras e estrias (60°, N55°W) que indicam cinemática inversa e esquerda (a). De assinalar ainda a presença de preenchimento de quartzo leitoso maciço, sem evidências de brechificação, acompanhado de filonetes escuros e preservando fragmentos segmentados de encaixante (b). A variação de espessura deste preenchimento, que acompanha as flexuras do plano de falha, é compatível com abertura em regime esquerdo [855; G; 120]; **J** – Corpo lenticular N63°W, 30°SW brechificado por movimentação de estrutura frágil com pendor para SW (N62°W, 78°SW) (a). A cataclase induzida por movimentação da falha é acompanhada da precipitação de agregados minerais de coloração escura, presumivelmente arsenopirite e, potencialmente, ouro (b). Importa referir que a imagem (b) corresponde a secção do tecto da galeria, pelo que, o sistema de planos c e s sugerem uma cinemática falsa, na realidade esquerda em planta (c) [855; G; 77]; **K** – Falha com pendor variável (A1 – N79°E, 79°N; A2 – N81°E, 80°S), cortando corpo de quartzo leitoso com orientação N43°W, 68°SW, acompanhada por cataclase intensa que concorre para a brechificação do material silicioso e da rocha encaixante, subsequentemente selada por quartzo (a). O evento de brechificação (possivelmente desencadeado sob regime de pressão hidráulica elevada) tem condições para abrir descontinuidades pré-existentes, neste caso, planos de estratificação (1). Esta exposição documenta zona de coalescimento, marcada pela abertura de espaço colmatado por material silicioso e inclusão de fragmentos de rocha encaixante, entre falhas com pendor médio para o quadrante SW (b) [835; G; 14]; **L** – Falha com geometria ondulada (B – N84°W, 53°N) que separa domínios de composições maioritariamente pelítica e grauvacóide, e trunca corredor de cisalhamento que controla o desenvolvimento do filão de quartzo leitoso (A). Esta descontinuidade coalesce com falha inclinada para NE (C – N44°W, 45°NE), rejogando-a e originando novo plano de movimento com geometria igualmente ondulada que rejeita o corredor de cisalhamento com cinemática inversa [835; G; 7]; **M** – Corpo lenticular de quartzo leitoso (N61°W, 24°SW) afectado por zona de falha com pendor para NE (N28°W, 62°NE). A reactivação da falha concorre para a brechificação do corpo silicioso e para geração de rejeito sugestivo de cinemática inversa [855; A; 1]; **N** – Desenvolvimento de veios preenchidos por quartzo, com baixo pendor para NE (N74°W, 27°NNE) e abertura e preenchimento de planos de estratificação (marcados a amarelo e verde, respectivamente), sistematicamente a muro de corpo lenticular. Filão e corredor de cisalhamento que controla a abertura das estruturas anteriormente mencionadas encontram-se destacados a azul. [855; G; 25]; **O** – Zona de falha com orientação N80°W, 61°SSW, enchimento de quartzo leitoso (B) e ramificações de menor pendor, B1 (N80°E, 39°SSE) e B2 (N74°E, 44°SSE), cortando corredor de cisalhamento com inclinação para NE no qual se preservam efeitos atribuíveis a múltiplas reactivações (A – N57°W, 60°NE). Em detalhe, verifica-se que B se encontra internamente compartimentado (b), exibindo domínio central rico em fragmentos de rocha encaixante cimentados por agregados siliciosos com evidências de brechificação e nova selagem de quartzo (b1), semelhante ao preenchimento da falha da mesma família indicado na exposição correspondente à Figura 2-A; e domínio periférico caracterizado por quartzo leitoso maciço, sem evidências de cominuição, acompanhado de filonetes escuros potencialmente mineralizados (b2), semelhante ao preenchimento da zona de falha representada na Figura 2-I. Adicionalmente, observa-se zona de falha com pendor para N (C – N87°W, 54°N) com preenchimento quartzoso, deslocando segmento de filão com orientação idêntica a B [855; A; 18];

Nota: Letras P e H nas secções de mapa dos pisos cartografados, referem-se à informação representada em planta e em hasteal, respectivamente. [“Piso”; A – Acesso, G – Galeria; “Metragem”]

As descontinuidades com pendora para N apresentam cinemática inversa com topo para S, e intersectam e rejeitam fendas de quartzo leitosa (e agregados oxidados) instaladas ao longo dos planos de estratificação e falhas com pendora NE, bem como as descontinuidades com inclinação média para o quadrante SW (Figura VI.3-A). A movimentação inversa deste conjunto de descontinuidades pode, em determinado período de tempo, ser síncrona do deslizamento ao longo da família de estruturas com inclinação para o quadrante E, observando-se contemporaneidade de movimento entre os dois conjuntos durante pelo menos um ciclo sísmico do corredor de cisalhamento (Figura VI.3-B). O conjunto de descontinuidades com pendora para E corta zonas de falha inclinadas para o quadrante SW (Figura VI.3-C), mas o seu desenvolvimento aparenta ser anterior ou contemporâneo dos eventos mais tardios de reactivação das estruturas com pendora para NE, possivelmente desencadeado localmente aquando da movimentação das estruturas com pendora para N (Figura VI.3-D). As descontinuidades com pendores para N e E são sistematicamente tardias relativamente às restantes estruturas, e a contemporaneidade de movimento dos dois conjuntos verificada para um determinado ciclo sísmico do corredor de cisalhamento (Figura VI.3-B), pode sugerir que estas integram o mesmo sistema conjugado de falhas. As componentes horizontais de movimento de ambas as famílias de descontinuidades não são passíveis de dedução absoluta, dada a escassez de situações favoráveis à observação de critérios cinemáticos fidedignos; contudo, os indicadores mais fiáveis atribuem cinemática inversa esquerda às falhas com pendora para N (Figura VI.3-E) e cinemática inversa direita às falhas com pendora para E (Figura VI.3-C). Nesta situação, a movimentação simultânea de ambos os conjuntos de descontinuidades seria cinematicamente compatível e geometricamente congruente com a disposição de estruturas observada no arranjo ilustrado na Figura VI.3-B, tal como demonstrado na Figura VI.3-F.

Finalmente, as descontinuidades subhorizontais com fraco pendora para W, tipicamente sem movimento e pontualmente hospedando preenchimento mineral (Figura VI.3-D), por vezes formando apófises incluindo fragmentos de encaixante resultantes de eventos de brechificação locais por interferência com outros planos de falha (Figura VI.2-B), são interpretadas como resultado de estiramento em “a” aquando do dobramento da sequência metassedimentar.

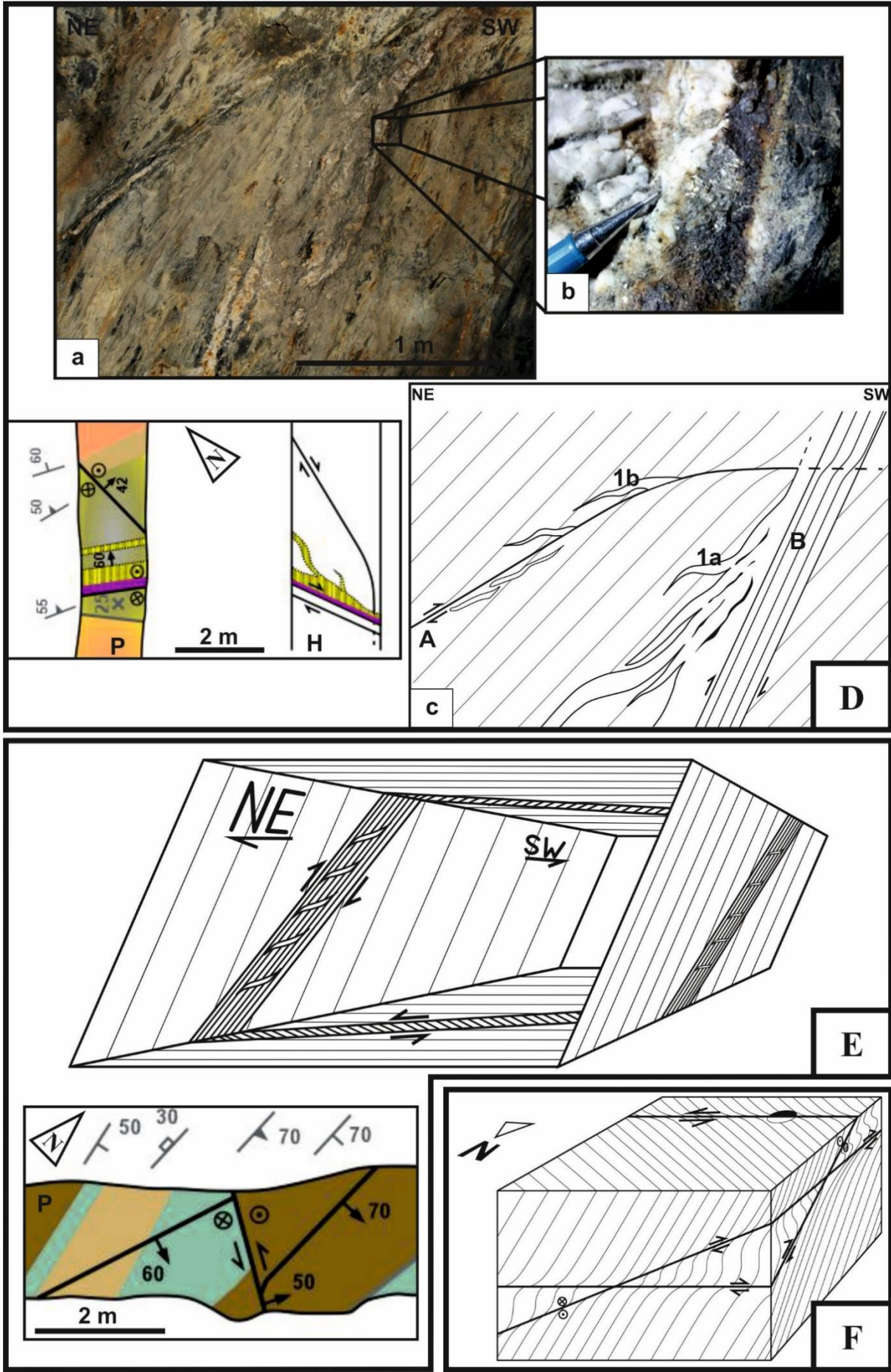
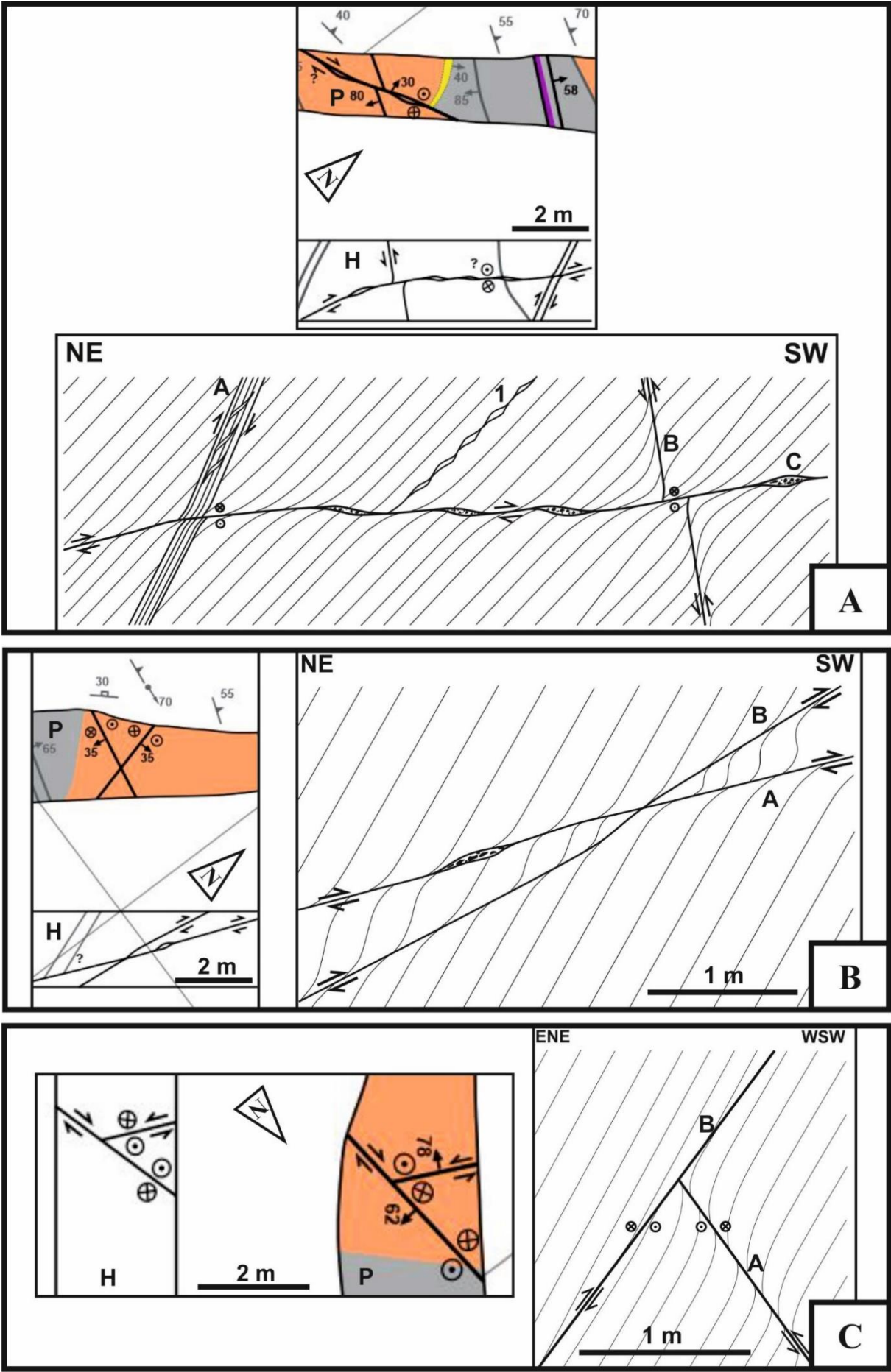


Figura VI.3 – Gênese, desenvolvimento e relações de corte de sistema frágil tardio – Estruturas com pendora para os quadrantes N e E: **A** – Zona de falha inversa (C – N81°E, 30°N) com preenchimentos de quartzo leitoso incluindo fragmentos de rocha encaixante. Estes preenchimentos marcam patamares, interpretados como resultado do coalescimento de descontinuidades escalonadas pré-existentes. Observa-se ainda estrutura com pendora para NE (A – N65°W, 58°NE) e cinemática inversa, cortada e rejeitada pela falha C. Esta última estrutura rejeita falha com inclinação para SSW (B – N73°W, 80°SSW) e fendas preenchidas com quartzo leitoso e agregados oxidados subconcordantes com S₀ (I). Embora os rejeitos não sejam geometricamente compatíveis com a cinemática inversa sugerida pelo arraste das superfícies de estratificação, o corte aparente apresentado pode ser justificado se for admitida componente de movimento horizontal direita [835; A; 8]; **B** – Falhas inversas com pendores para N e E (A – N80°W, 35°N; B – N15°W, 35°E) cujos arrastes sugerem movimentação simultânea de ambas as estruturas. Na zona de falha A, verifica-se desenvolvimento de fenda de quartzo com fragmentos de rocha encaixante, como resultado do coalescimento de descontinuidades escalonadas, tal como observado no afloramento da Figura 3-A [835; A; 13]; **C** – Falha com pendora para E (B – N6°W, 62°E) e componente de movimento inversa direita, truncando falha inversa com inclinação para o quadrante SW (A – N65°W, 78°SW) e componente de movimentação inversa esquerda. A interpretação da componente de movimento de ambas as estruturas baseia-se na deflexão de S₀ associada [835; A; 19]; **D** – Falha inversa com atitude N7°W, 42°E (A) cortada por corredor de cisalhamento com pendora para NE (B – N60°W, 60°NE) ao longo da qual se desenvolvem e coalescem fendas de quartzo leitoso e agregados oxidados com preservação de segmentos de encaixante, geometricamente condicionada por planos de estratificação de domínio pelítico negro. A faixa de coalescimento de fendas apresenta nível de arsenopirite grosseira associado ao bordo SW (**b**) e ramificações com atitude N59°E, 14°NW (1a). A falha A intersecta conjunto de fendas alinhadas (1b) com preenchimento mineral semelhante ao presente na faixa de coalescimento; estas fendas podem corresponder a estruturas subsidiárias do corredor de cisalhamento, indicando assim cinemática inversa. Deste modo, a falha A é posterior aos eventos mais precoces de movimentação do corredor com pendora NE, mas possivelmente anterior ou contemporânea dos mais recentes [835; A; 25]; **E** – Falha com pendora para o quadrante N (N70°W, 50°NNE) rejeitando falha com inclinação para E (NS, 70°E) através de cinemática inversa esquerda. O esquema apresentado revela os indicadores geométricos a partir dos quais é deduzida a cinemática do acidente com pendora para N [835; A; 87]; **F** – Bloco diagrama ilustrando a compatibilidade cinemática entre os conjuntos de descontinuidades com pendora para N e E, considerando contemporaneidade de movimento num sistema conjugado de falhas.

VI.2. Preenchimentos minerais

Não obstante a intensa obliteração de fases minerais utilizadas como marcadores para a discriminação das diferentes gerações de estruturas identificadas no capítulo IV, é possível verificar, ainda que ocasionalmente, a ocorrência de gerações de preenchimentos minerais previamente catalogadas com base na sua relação com S₀, transposto por S₁, e em efeitos atribuíveis, macroscopicamente, a diferentes graus de endurecimento da matriz siliciosa. Com efeito, é possível reconhecer a ocorrência pontual da 3ª e 4ª gerações de quartzo. Estas ocorrem preferencialmente em domínios grauvacóides, desenvolvendo-se a 3ª geração ao longo dos planos de estratificação, formando finos preenchimentos contínuos de quartzo de tonalidade escura (Figura VI.4-A).

Os preenchimentos quartzosos identificados como 4ª geração, por sua vez, colmatam fendas com duas orientações gerais: (a) N45-80°W, 75-90°SW e (b) N15-50°W, 45-80°NE (Figuras VI.4-A, VI.4-B e VI.4-C); a relação angular entre estas fendas e S₀ é observada, à escala de testemunho de sondagem, na amostra EG-02 enunciada no capítulo III.2, na qual se constata ainda a semelhança do preenchimento mineral das fendas.

As estruturas pertencentes à 3ª geração são interpretadas como resultado da deformação heterogênea do maciço rochoso, governada por contrastes de competência mecânica intrínsecas à formação metassedimentar, durante o dobramento regional. Tais contrastes dependem de um conjunto alargado de factores, nomeadamente *strain-rate* e temperatura, mas também das espessuras relativas dos diferentes níveis metassedimentares, comportando-se as sequências de natureza predominantemente grauvacóide, mais competentes, como corpos rígidos no seio de um material de ductilidade tendencialmente superior, as sequências predominantemente pelíticas. A dificuldade em os níveis grauvacóides acomodarem deformação por adelgaçamento dos flancos e espessamento da zona apical, como acontece com o material de natureza pelítica, culmina em problemas de espaço, especialmente em zonas de charneira, promovendo o deslizamento ao longo dos planos de estratificação e consequente abertura de espaços, subsequentemente preenchidos por material silicioso, como demonstrado pelo esquema da Figura VI.4-D.

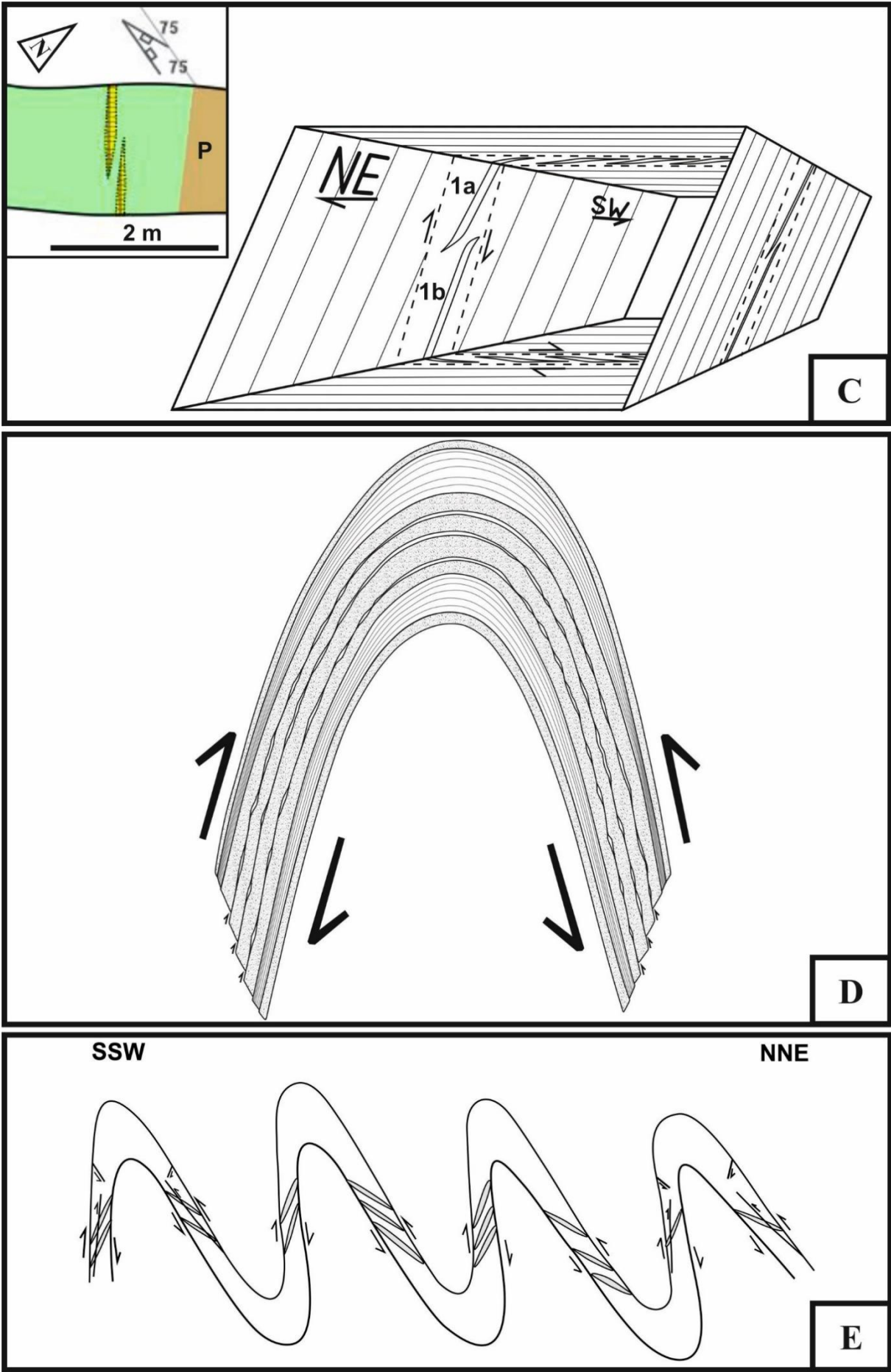
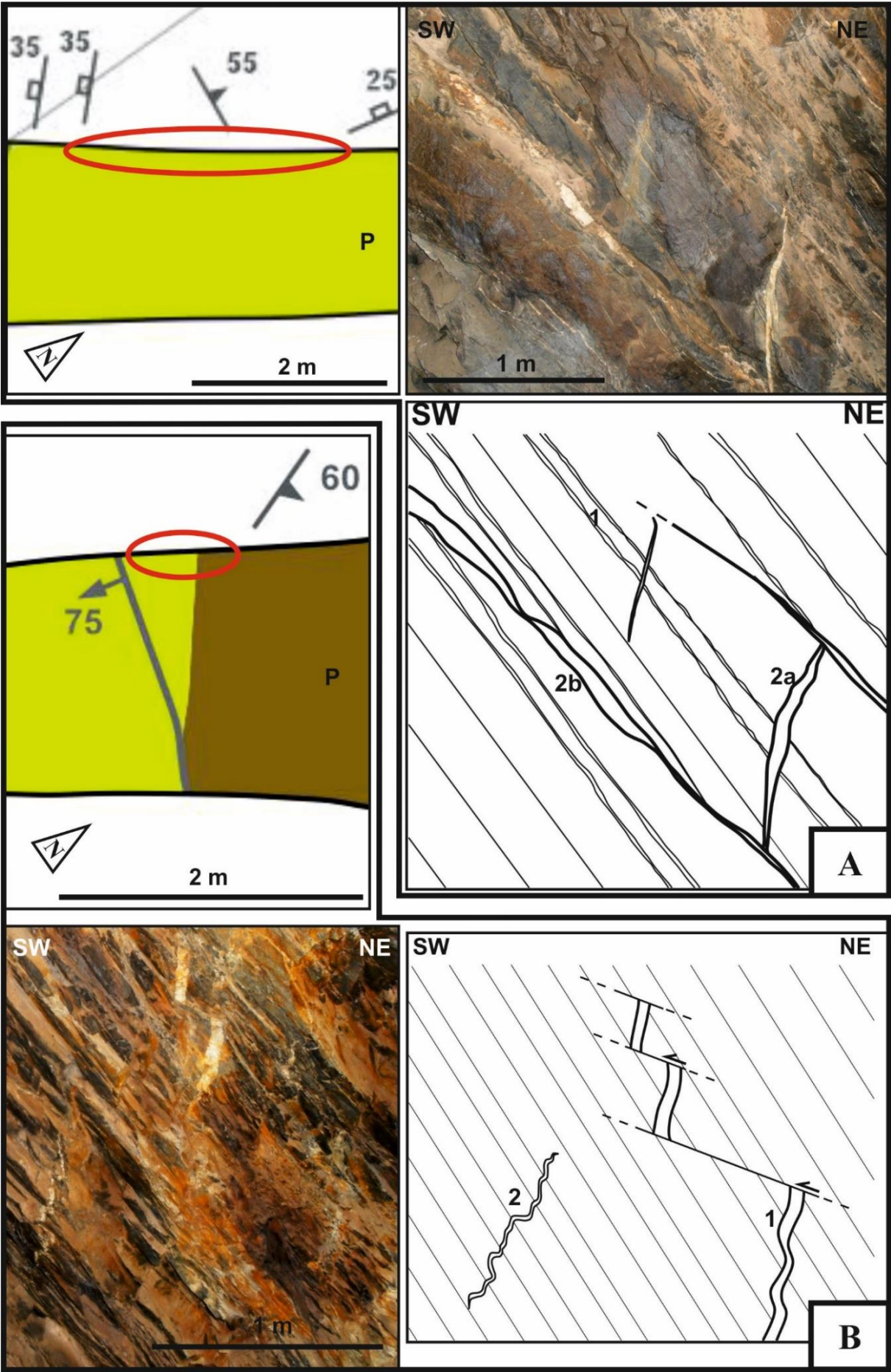


Figura VI.4 – Desenvolvimento e disposição espacial de preenchimentos siliciosos precoces – 3ª e 4ª gerações de estruturas:
Figura A – Preenchimentos de quartzo de tonalidade escura desenvolvidos ao longo dos planos de estratificação (1 – N25°W, 50°NE), correspondentes à 3ª geração de estruturas catalogadas, cortados posteriormente por dois grupos de fendas (2a – N50°W, 82°SW e 2b – N16°W, 50°NE), cujo enchimento mineral deverá corresponder à 4ª geração de quartzo identificada. Neste caso, as fendas de fraco pendor para NE (2b) cortam as fendas com inclinação elevada para SW (2a) [855; A; 67]; **Figura B** – Fendas de quartzo com orientação N54°W, 82°SW (1) rejeitadas por descontinuidades oblíquas a S₀ e pendor para NE (orientação idêntica à das fendas 2b identificadas no afloramento da Figura 4-A). Note-se a presença de filonetes dobrados de quartzo endurecido dispostos subperpendicularmente a S₀ (2), correspondentes à 2ª geração de estruturas catalogada no capítulo IV [855; A; 61]; **Figura C** – Fendas de quartzo ligeiramente oblíquas a S₀ (1a – N50°W, 78°NE; 1b – N76°W, 78°NE), cujo escalonamento sugere abertura sob regime inverso direito [855; A; 55]; **Figura D** – Representação esquemática do cisalhamento imposto aos flancos das dobras durante o dobramento flexural achatado regional que, considerando a resistência relativa dos níveis metassedimentares grauvacóides à acomodação de deformação por achatamento e fluência, concorre para a abertura de espaço ao longo dos planos de estratificação destas sequências, especialmente na zona apical da estrutura; **Figura E** – Ilustração esquemática da geração de fendas, e subsequentemente sistemas Riedel, associados aos flancos longos e curtos das dobras com vergência para Sul.

Numa fase do dobramento flexural em que a acomodação de deformação por encurtamento tangencial começa a ser dificultada, geram-se assimetrias de dobramento, adquirindo vergência para Sul e plano axial orientado segundo WNW – ESE com pendor para Norte (Meireles *et al.*, 2013). A génese das fendas pertencentes à 4ª geração de estruturas identificada durante a descrição dos testemunhos de sondagem é interpretada como resultado da deformação cisalhante nos flancos das dobras, em condições de limite de achatamento do maciço rochoso. Tal processo concorre para a geração de estruturas dilatantes associadas a domínios de maior competência (sequências grauvacóides) e, possivelmente, para a instalação de sistemas tipo *Riedel* que afectam as fendas anteriormente originadas (Figura VI.4-E), como ilustrado pela exposição da Figura VI.4-B.

Posteriormente, a progressiva acumulação de tensão em condições de baixo *strain rate*, promove a reactivação de descontinuidades pré-existentes com orientação espacial favorável para o efeito, como é o caso de S₀. Por conseguinte, a deformação passa a ser acomodada por deslizamento ao longo da estratificação de níveis metassedimentares fortemente anisótropos, *e.g.* sequências pelíticas. A activação, com cinemática inversa, dos planos de estratificação afecta preenchimentos quartzosos anteriores¹³ e concorre para a génese de fendas preenchidas por quartzo leitoso e agregados oxidados (Figura VI.3-A), subconcordantes com S₀, que tendem a coalescer, formando faixas que, frequentemente, incluem fragmentos segmentados de encaixante (Figura VI.3-D). Estas estruturas são reconhecidas como a 5ª geração de estruturas catalogada durante a caracterização de sondagens.

A 6ª geração de quartzo identificada corresponde aos preenchimentos que constituem os corpos lenticulares e estruturas filonianas de quartzo leitoso, potencialmente hospedeiras de mineralização aurífera, geradas na dependência de corredores estruturais preferenciais para a acomodação de deformação.

Finalmente, os preenchimentos associados ao coalescimento do sistema conjugado de falhas inversas tardias de baixo pendor, dominado por cavalgamentos com topo para S, podem ser correlacionáveis com a 7ª geração de quartzo identificada em testemunhos de sondagem.

¹³ Evidência deste processo à escala do testemunho de sondagem na amostra EG-03 do Anexo 2.

VII. Análise Petrográfica

Com base na amostragem anteriormente realizada, seleccionaram-se secções-chave no sentido de melhor documentar à microescala: (i) diferentes gerações de quartzo, atendendo ao *fabric* e grau de endurecimento dos agregados siliciosos, tipo de crescimento mineral, textura de preenchimento e associação mineral acessória; (ii) relações de corte; (iii) estruturas tardias que afectam filões potencialmente mineralizados, nomeadamente reabertura ou rejeito dos filonetes escuros de arsenopirite; (iv) fases minerais adequadas à avaliação do percurso térmico experimentado pelo sistema mineralizante; e (v) particularidades a nível litológico e mineralógico previamente detectadas. A produção de lâminas polidas teve em conta a necessidade de garantir a manutenção da continuidade de registo geológico dos testemunhos de sondagem recuperados pela EDM, razão pela qual se utilizou apenas ¼ do testemunho cilíndrico em cada uma das amostras colhidas. Como consequência das dimensões dos segmentos de sondagem usados, a aresta longa das lâminas polidas efectuadas encontra-se sistematicamente alinhada com o eixo do testemunho de sondagem¹⁴. Adicionalmente, as lâminas polidas tendem a exibir secções subperpendiculares à direcção dos planos de estratificação, visto que, na ausência de estruturas potencialmente mineralizadas, o corte dos testemunhos de sondagem privilegiou esse critério. Assim sendo, e tendo em conta que as sondagens foram projectadas com pendores e azimutes idênticos, é expectável que as orientações das diferentes estruturas identificadas e as suas relações angulares se mantenham constantes ao longo do conjunto das lâminas polidas examinadas. A análise petrográfica das secções-chave permitiu densificar os critérios que fundamentam a separação das diferentes gerações de quartzo previamente identificadas¹⁵ em função de graus de endurecimento e de relações de corte entre elas, tendo-se documentado as seguintes características:

2ª geração de quartzo (Qz II)

Figura VII.1-A

- Agregado cristalino de granularidade fina com *fabric* subparalelo aos planos de estratificação;
- Subgranulação total;
- Pontualmente observam-se contactos rectos e formas aproximadamente poligonais nos mantos de subgranulação, denunciando a progressão de mecanismos de recristalização dinâmica.

3ª geração de quartzo (Qz III)

Figura VII.1-B

- Cristais indentados, afectados por subgranulação intensa (80-90%) inter e intragranular, gerando subgrãos com granularidades diversas;
- *Fabric* subparalelo aos planos de estratificação, apresentando estiramento mineral evidente e subparalelo ao eixo de alongamento dos cristais (tipicamente, razão comprimento/largura > 3);
- Em corredores de acomodação preferencial de deformação o estiramento mineral é significativo e acompanhado de intensa subgranulação (razão comprimento/largura > 8);
- Extinção ondulante forte (26-40°).

4ª geração de quartzo (Qz IV)

Figura VII.1-C

- Crescimento mineral segundo a direcção subperpendicular à direcção da estrutura dilatante, os cristais individuais são opticamente contínuos, estendendo-se entre as duas paredes da fenda (Crescimento atáxico – *Ataxial fibrous veins*);
- Subgranulação intergranular (30-40%) e intragranular incipiente;
- Extinção ondulante moderada a forte (16-30°).

¹⁴ Todas as imagens referenciadas neste capítulo foram adquiridas em alinhamento com a aresta longa da lâmina polida, de tal modo que os bordos verticais de cada fotografia se encontram alinhados com essa direcção e, portanto, com o eixo do testemunho de sondagem.

¹⁵ Importa salientar que nas secções-chave seleccionadas não foi possível identificar com clareza a presença da 1ª geração de quartzo, previamente catalogada como possível produto de processos de exsudação metamórfica no capítulo IV.

5ª geração de quartzo (Qz V)

Figura VII.1-D

- Agregados cristalinos fracamente orientados, manifestando indentação incipiente entre grãos;
- Pontualmente observa-se subgranulação intergranular;
- Extinção ondulante moderada (10-21°). A progressão da deformação pode promover a propagação de defeitos planares intracristalinos em condições de relativa baixa temperatura, concorrendo para o desenvolvimento de bandas de deformação. Ocasionalmente reúnem-se condições para recuperação dinâmica localizada e consequente desenvolvimento de subgranulação intragranular incipiente.

6ª geração de quartzo (Qz VI)

Figura VII.1-E

- Agregados inequigranulares sem orientação particular, constituídos por cristais subeuédricos a anédricos;
- Corredores de cisalhamento frequentes que conduzem a evidente cominuição do grão;
- Extinção ondulante fraca a moderada (8-14°).

7ª geração de quartzo (Qz VII)

Figura VII.1-F

- Agregados cristalinos, inequigranulares, formado por grãos subeuédricos que não manifestam orientação preferencial;
- Contactos intergranulares suaves com poucas irregularidades;
- Extinção ondulante incipiente a fraca (4-10°).

8ª geração de quartzo

Geração 8a (Qz VIIIa)

Figura VII.1-G

- Agregados equigranulares sem orientação preferencial, tipicamente incluindo cristais de grandes dimensões e hábito subeuédrico a euédrico;
- Contactos intergranulares rectos e regulares;
- Ausência praticamente completa de manifestações ópticas de deformação intracristalina, registando-se apenas desenvolvimento local de extinção ondulante muito incipiente (2-8°);

Geração 8b (Qz VIIIb)

Figura VII.1-H

- O quartzo ocorre como fase subordinada e sob a forma de cristais euédricos de grandes dimensões;
- Exemplares desprovidos de evidências ópticas imputáveis a deformação intracristalina, apresentando ângulos de extinção extremamente baixos (0-6°);

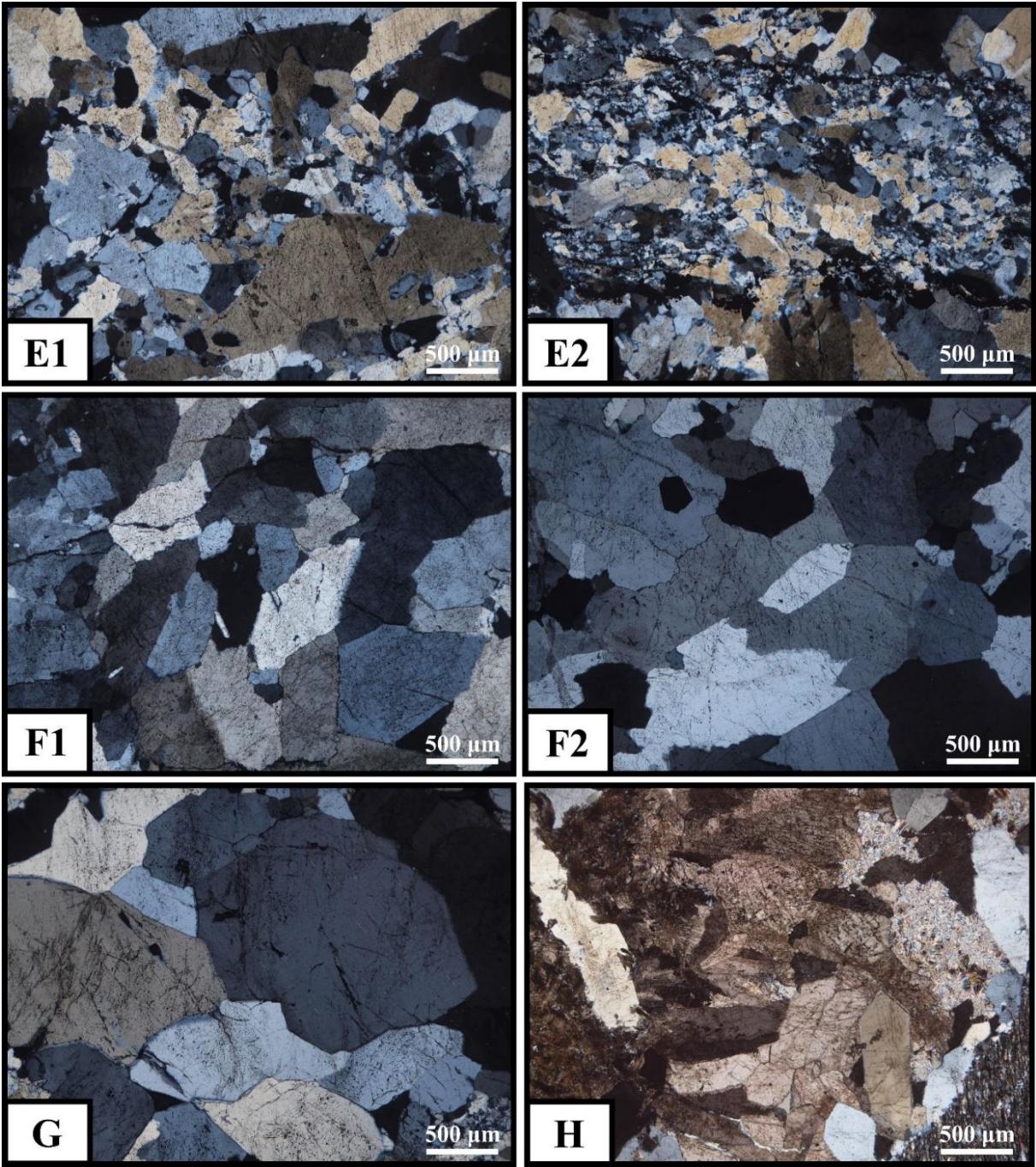
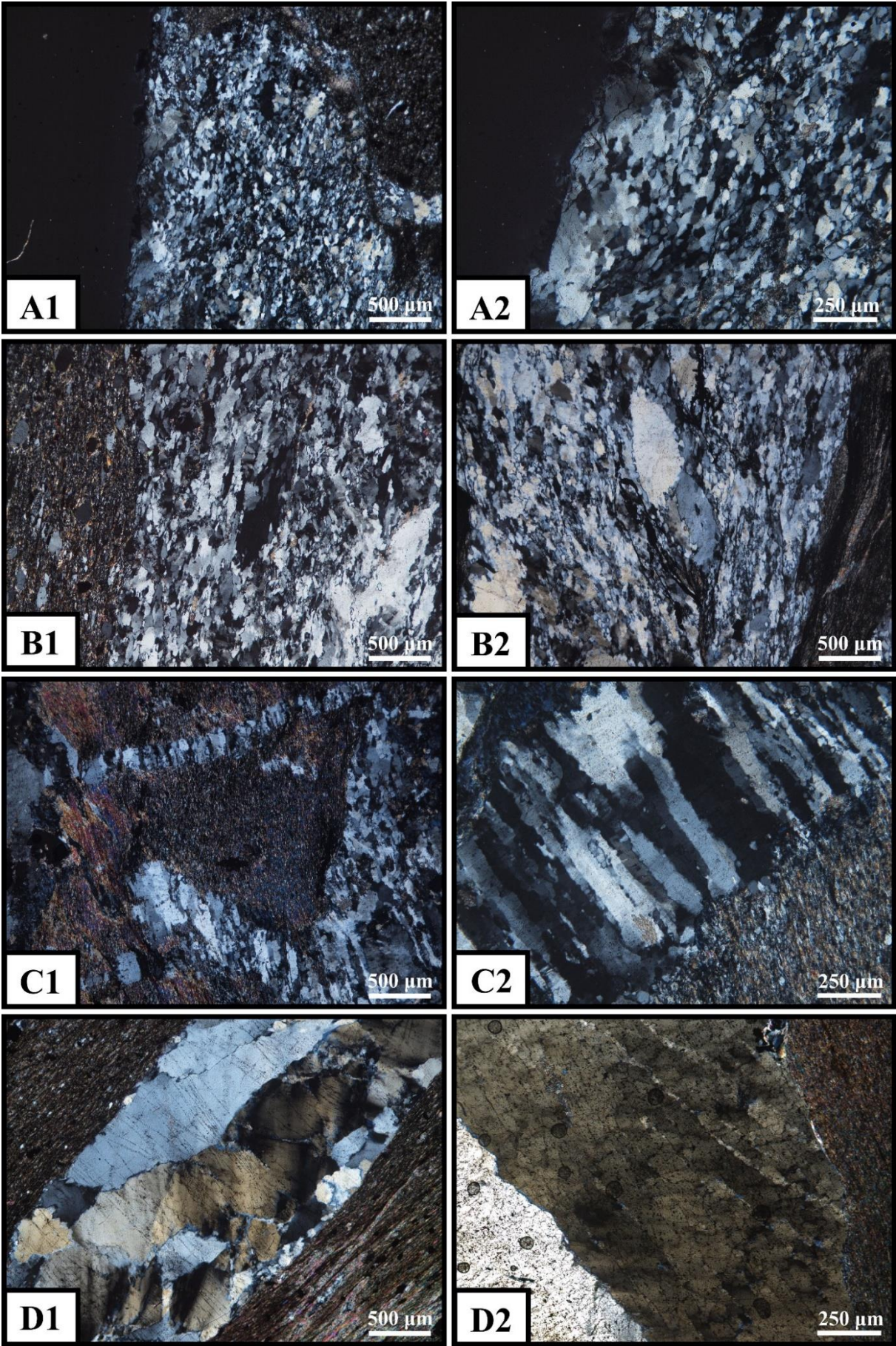


Figura VII.1 – Características microscópicas dos agregados cristalinos que tipificam as diferentes gerações quartzo identificadas: **A** – Filonete dobrado preenchido por Qz II. O agregado cristalino desenvolve fabric subparalelo aos planos de estratificação e exhibe efeitos de recuperação dinâmica total (**A1**). Pontualmente, os subgrãos apresentam contactos rectos entre si e formas aproximadamente poligonais, sugerindo recristalização do agregado cristalino (**A2**) [#EG-13; LT-X (A1 & A2); Ampl. 5x (A1) & Ampl. 10x (A2)]; **B** – Agregado cristalino típico de preenchimento silicioso pertencente 3ª geração (Qz III). O agregado apresenta efeitos de forte subgranulação (80-90°) e fabric alinhado com S₀ marcado por indentação e estiramento mineral (C/L > 3) dos cristais de quartzo (**B1**). Em corredores de acomodação preferencial de deformação verifica-se incremento da intensidade de estiramento mineral (C/L > 8), acompanhado de intensa subgranulação (**B2**) [#EG-08 (B1) & #EG-13 (B2); LT-X (B1 & B2); Ampl. 5x (B1 & B2)]; **C** – Fendas preenchidas por Qz IV (**C1**). Note-se os efeitos de subgranulação intergranular (30-40°), e o crescimento atáxico (Ataxial fibrous veins) dos cristais de quartzo, estendendo-se ao longo de toda a largura da estrutura que os hospeda (**C2**) [#EG-04; LT-X (C1 & C2); Ampl. 5x (C1) & Ampl. 10x (C2)]; **D** – Agregado cristalino típico de 5ª geração (Qz V). Por norma, os cristais de quartzo encontram-se fracamente orientados e indentados. Não raramente apresenta bandas de deformação, resultantes da acomodação de defeitos planares intracristalinos em condições de relativa baixa temperatura (**D1**). Ocasionalmente desenvolvem-se mantos de subgranulação inter a intragranulares (**D2**) [#EG-13 (D1) & #EG-10 (D2); LT-X (D1 & D2); Ampl. 5x (D1) & Ampl. 10x (D2)]; **E** – Agregado silicioso inequigranular pertencente à 6ª geração (Qz VI) constituído por grãos não orientados e com formas subeuédricas a aneuédricas (**E1**). Frequentemente verifica-se instalação de corredores de cisalhamento que afectam estes agregados, concorrendo para esmagamento/cominuição do grão (**E2**) [#EG-20; LT-X (E1 & E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Agregado de Qz VII composto por grãos não orientados, com hábito subeuédrico, e contactos suaves e pouco irregulares entre si (**F1** e **F2**) [#EG-21 (F1) & #EG-20 (F2); LT-X (F1 & F2); Ampl. 5x (F1 & F2)]; **G** – Agregado cristalino de Qz VIIIa constituído por grãos não orientados com formas subeuédricas a euédricas, e contactos rectos e regulares entre si [#EG-23; LT-X; Ampl. 5x]; **H** – Preenchimento mineral no qual o quartzo (Qz VIIIb) corresponde apenas a fase acessória e ocorre sob a forma de cristais euédricos de grandes dimensões. Estes preenchimentos são tipicamente dominados por carbonato [#EG-07; LT-X; Ampl. 5x].

Abreviaturas das fases minerais de acordo com Whitney & Evans (2010);

- Referência da amostra; LT – Luz Transmitida, LR – Luz Reflectida, IC – Imagem Composicional; // - Luz simplesmente polarizada & X – Luz duplamente polarizada; Ampl. – Ampliação.

Contrariamente ao reportado no capítulo IV, o conjunto de preenchimentos minerais identificados associa-se a oito famílias de estruturas, em vez de sete, e o *input* composicional que concorre para a precipitação de outras fases minerais, para além de quartzo, é tardio, sendo essa precipitação contemporânea de diversos eventos de reabertura de estruturas pré-existentes, nem sempre possíveis de identificar à macroescala.

Os filonetes de quartzo com geometria dobrada, dispostos subperpendicularmente aos planos de estratificação, correspondem à 2ª geração de quartzo catalogada (**Qz II**) e aos preenchimentos mais precoces identificados durante a análise petrográfica. Estas estruturas são sistematicamente cortadas pelas restantes e podem até ser retomadas, reabertas e posteriormente repreenchidas por precipitados minerais gerados posteriormente (Figuras VII.2-A e VII.2-B).

O desenvolvimento de fendas ao longo dos planos de estratificação aquando do dobramento flexural achatado regional, documentando a 3ª geração de estruturas (**Qz III**), corta e, mais raramente, reabre os filonetes anteriores (Figura VII.2-C e Figura VII.2-A, respectivamente).

Subsequentemente desenvolvem-se dois conjuntos de fendas com orientações distintas, fazendo ângulos de 80-90° e 130-150° com os planos de estratificação (Figura VII.1-C1). Estas fendas, preenchidas por cristais de quartzo com crescimento atáxico (**Qz IV**), cortam e reabrem estruturas pré-existentes (Figura VII.2-D e VII.2-B, respectivamente) e são frequentemente sujeitas a eventos de reabertura, assinalados pela deposição de gerações de quartzo mais tardias (Figura VII.2-E).

A progressiva acumulação de tensão e sua acomodação através de deslocamentos ao longo de descontinuidades pré-existentes, nomeadamente de planos de estratificação, especialmente em domínios pelíticos, concorre para o desenvolvimento de fendas subconcordantes com S₀ identificadas como a 5ª geração de estruturas (**Qz V**). Os agregados de quartzo que as preenchem podem também colmatar espaços criados por reabertura de estruturas pré-existentes preenchidas por precipitados do tipo Qz III (Figura VII.2-F).

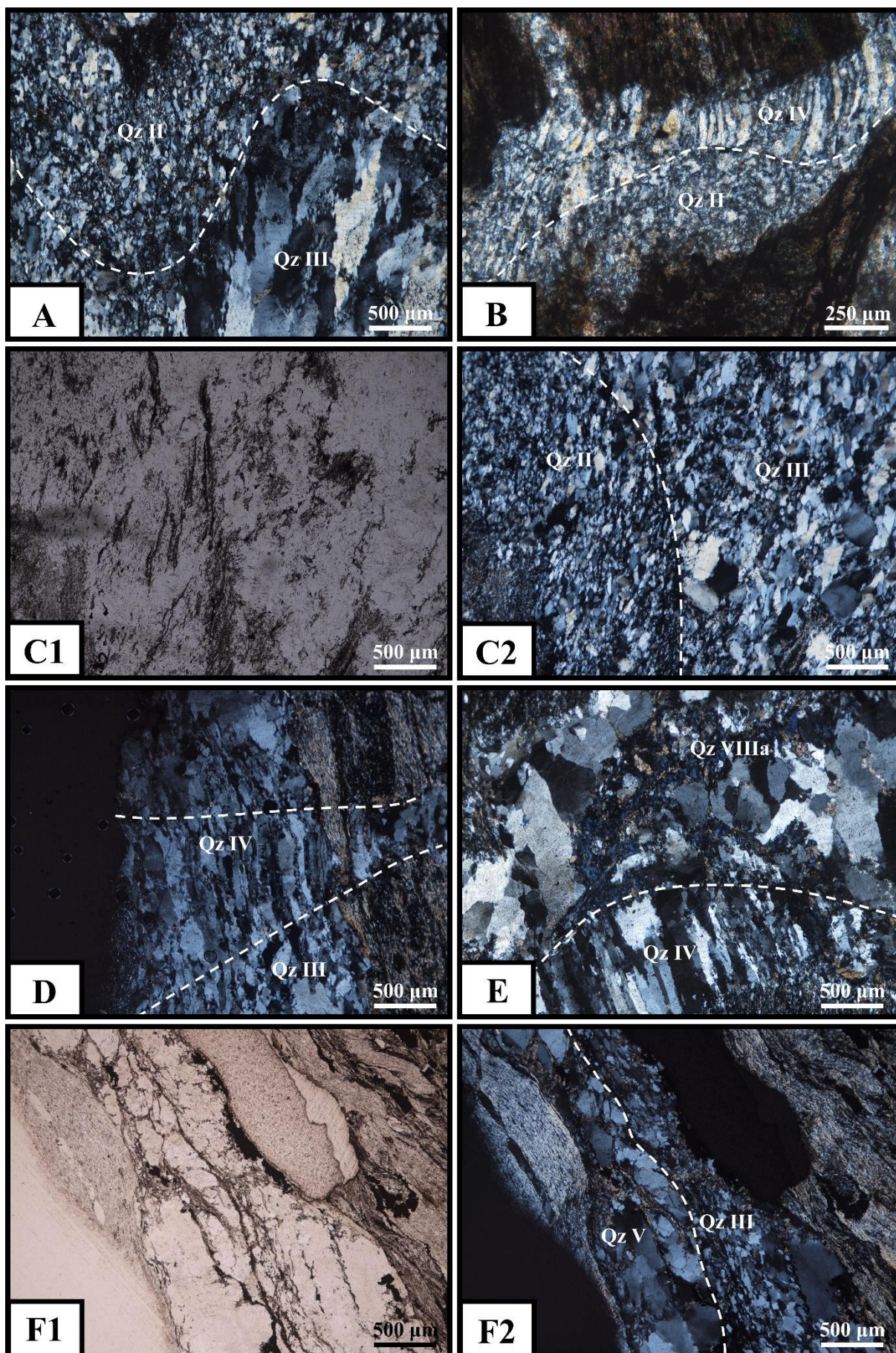


Figura VII.2 – Relações de corte entre gerações de preenchimentos siliciosos estéreis desenvolvidas antes do evento mineralizante: **A** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), reaberto e preenchido por Qz III. [#EG-13; LT-X; Ampl. 5x]; **B** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), reaberto e preenchido por Qz IV [#EG-15; LT-X; Ampl. 10x]; **C** – Filonete dobrado, pertencente à 2ª geração de estruturas (Qz II), intersectado por fenda preenchida por Qz III [#EG-09; LT-// (C1) & LT-X (C2); Ampl. 5x (C1 & C2)]; **D** – Fenda preenchida por Qz IV a cortar estrutura de 3ª geração (Qz III). Note-se a interferência do crescimento atáxico de Qz IV no fabric de Qz III [#EG-04; LT-X; Ampl. 5x]; **E** – Estrutura com Qz IV reaberta e posteriormente preenchida por Qz VIIIa [#EG-04; LT-X; Ampl. 5x]; **F** – Deposição de Qz V por reabertura de fenda pré-existente de Qz III [#EG-06; LT-// (F1) & LT-X (F2); Ampl. 5x (F1 & F2)];

Os agregados siliciosos que formam os corpos lenticulares de pendor médio para SSW são classificados como a 6ª geração de preenchimentos (**Qz VI**), apresentando graus de endurecimento, recuperação e indentação intergranular manifestamente menos intensos, em comparação óptica com os preenchimentos de quartzo mais precoces. Contudo, verifica-se que tais agregados são afectados por corredores de cisalhamento (tipicamente subperpendiculares à aresta maior das lâminas polidas), implicando deformação em condições de baixa temperatura e *strain-rate* elevado, promovendo evidente esmagamento/cominuição dos grãos minerais (Figura VII.1-E2). O desenvolvimento destes corredores estruturais corresponde a um processo polifásico que, tardiamente, é acompanhado pela deposição de arsenopirite numa sucessão de ciclos de precipitação e cominuição dessa fase mineral (Figura VII.3-A). O sulfureto tende a apresentar formas anédricas e cor amarelada, e representa a 1ª geração de arsenopirite (**Apy I**). É comum a presença de agregados de filossilicatos resultantes do aprisionamento de fragmentos segmentados de material encaixante nos corpos lenticulares aquando do coalescimento de fendas menores. Esta inclusão promove a geração de domínios de (forte) contraste mecânico, condicionando a nucleação e propagação dos corredores estruturais supramencionados, e influencia gradientes químicos locais que determinam a deposição de Apy I (Figura VII.3-A1). A recristalização destes agregados de filossilicatos concorre para o desenvolvimento de grãos de mica de maior dimensão (**Ms¹⁶ I**).

Atingido o limite de propagação das fendas que hospedam os corpos lenticulares de quartzo leitoso, a partição da deformação promove o desenvolvimento e coalescimento, em regime esquerdo inverso, das falhas com pendor para SSW. A propagação dos planos de falha fortemente irregulares concorre para a acomodação diferencial de tensão, caracterizada por contraste entre zonas de forte esmagamento e cominuição do grão, e zonas de dilatação e abertura de espaço, em função da ondulação da superfície de falha. Verificam-se contrastes texturais e mineralógicos entre domínio de filão e de rocha encaixante.

Nos corpos lenticulares verifica-se o desenvolvimento de corredores de cisalhamento que concorrem para forte cominuição dos agregados siliciosos pré-existentes (Figura VII.3-B), intersectando a aresta maior da lâmina polida (e, portanto, o eixo do testemunho de sondagem) com ângulo entre de 50-100°, dispondo-se obliquamente às estruturas que hospedam Apy I. Estas estruturas tendem a condicionar a deposição de **Apy II¹⁷ + Py I + Mrc I ± Sp I**, marcada por diversos ciclos de precipitação e cominuição (Figuras VII.3-C e VII.3-D). Pontualmente, ocorrem eventos de brechificação que afectam os bordos dos corpos lenticulares (Amostra EG-20¹⁸) e são marcados pela deposição de **Qz VII + Apy II + Py I + Mrc I ± Sp I ± Po ± Cb I ± Elect** (Figuras VII.3-E, VII.3-F e VII.3-G).

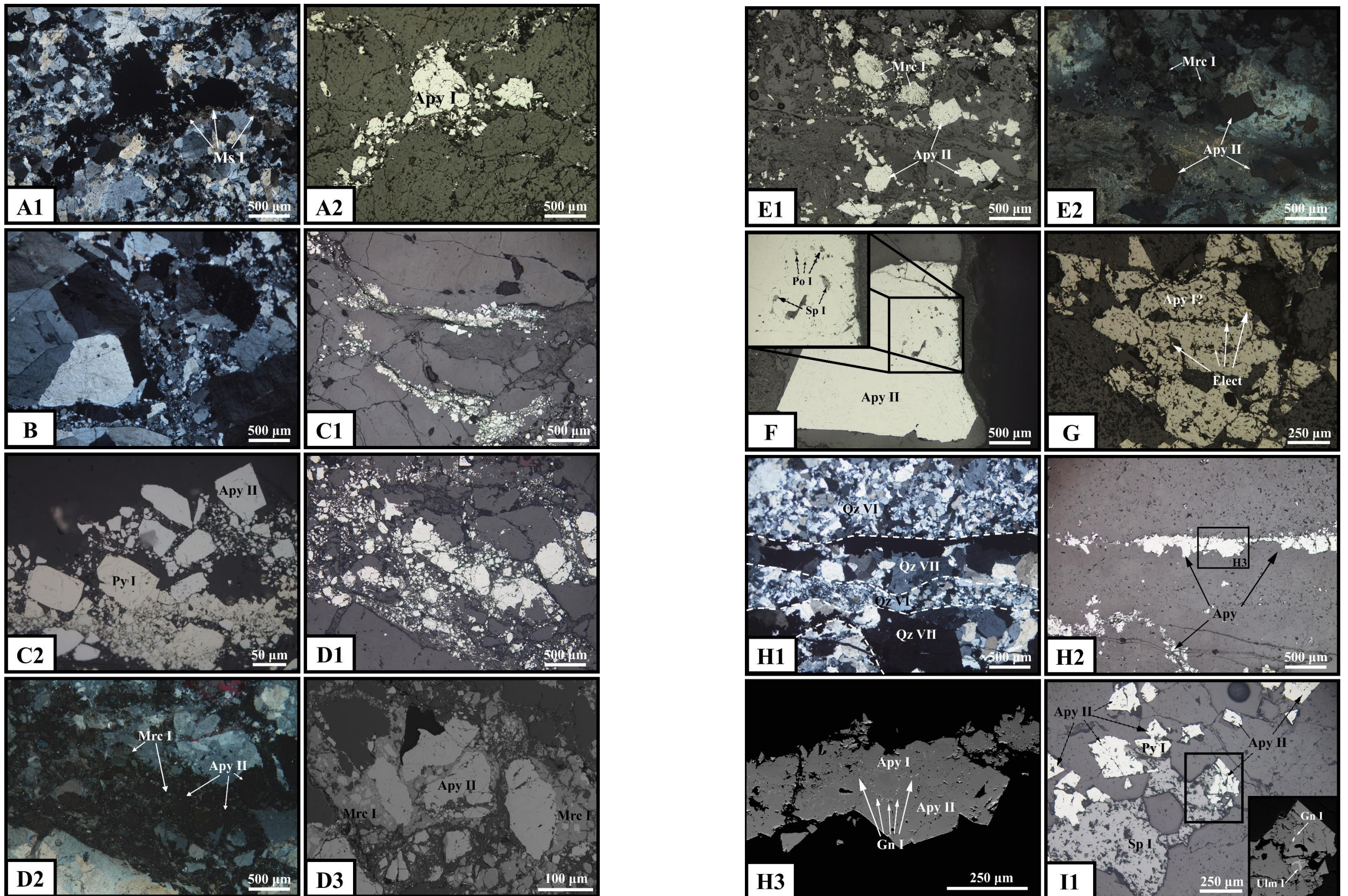
Em zonas de dilatação, reúnem-se condições para a génese de fendas fortemente oblíquas aos corredores de cisalhamento mais precoces que controlam a deposição de Apy I (Amostra EG-22b¹⁹). A instalação das fendas promove reabertura desses corredores estruturais (Figura VII.3-H) e é acompanhada pela precipitação de **Qz VII + Apy II + Py I + Sp I ± Cb I**, imediatamente seguido de **Gn I + Ulm I + Elect ± Ccp I** (Figura VII.3-I). Frequentemente, os agregados pré-existentes de Apy I tendem a funcionar como pontos de nucleação preferencial para o crescimento de Apy II (Figura VII.3-H).

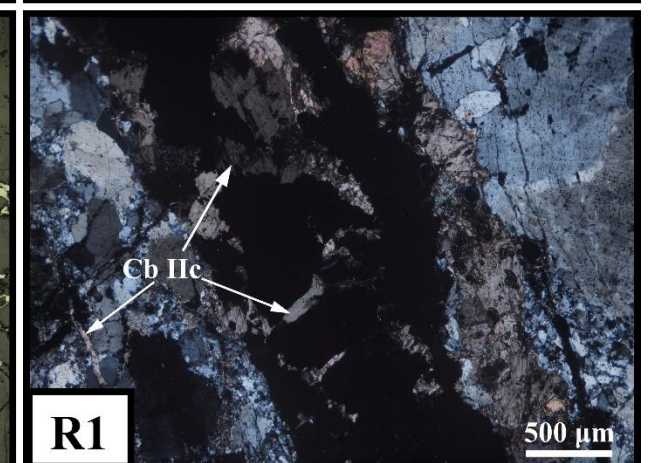
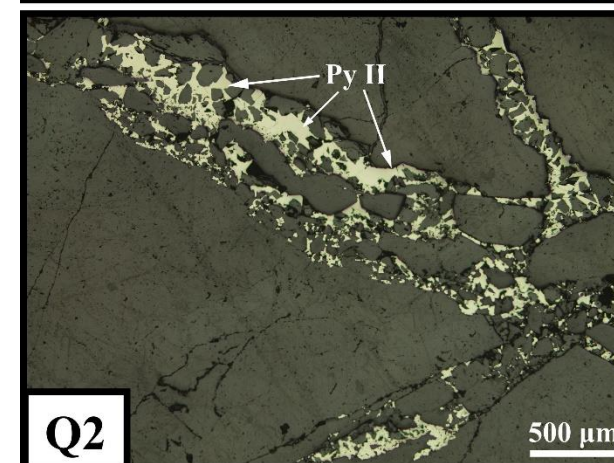
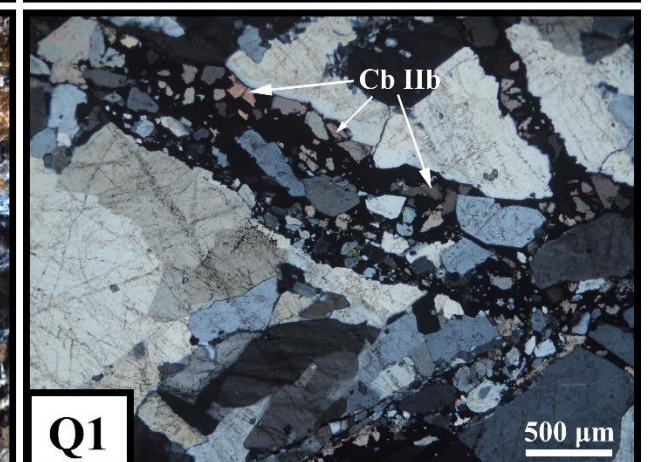
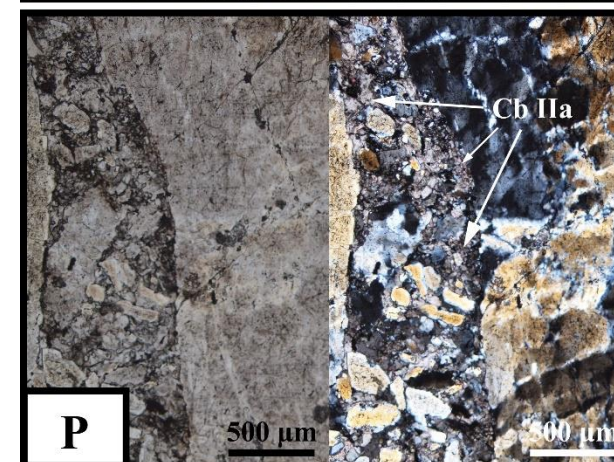
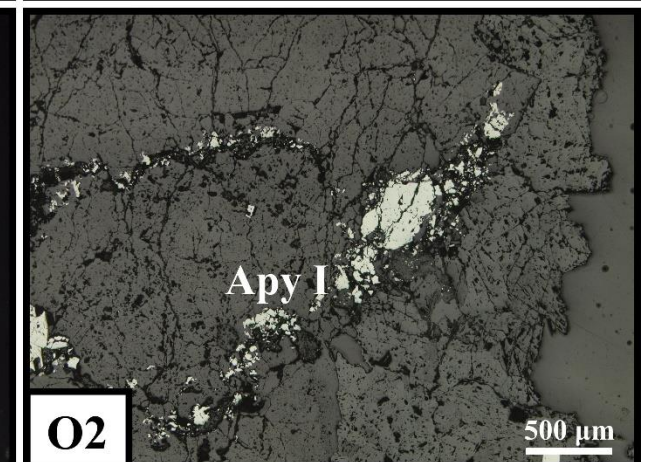
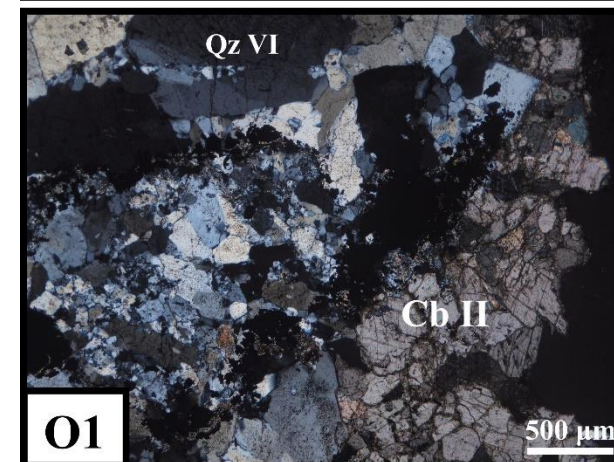
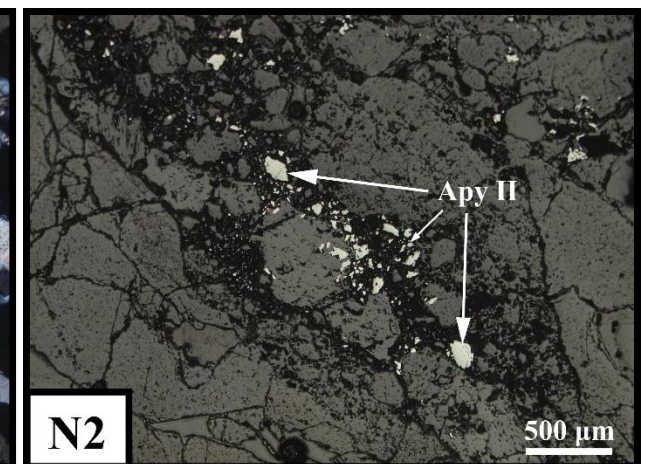
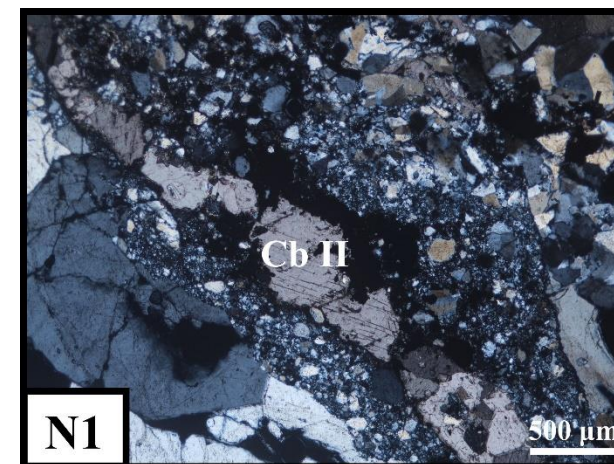
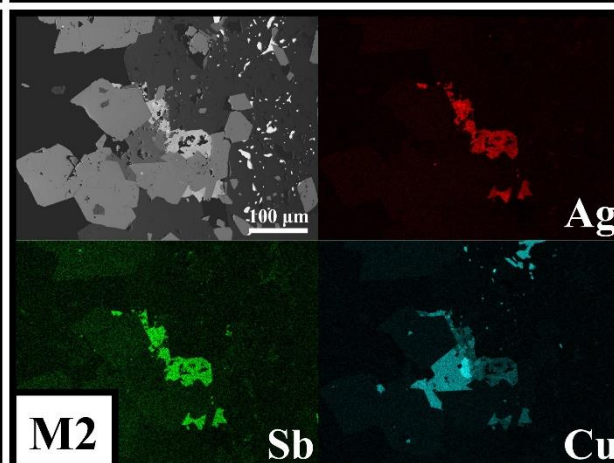
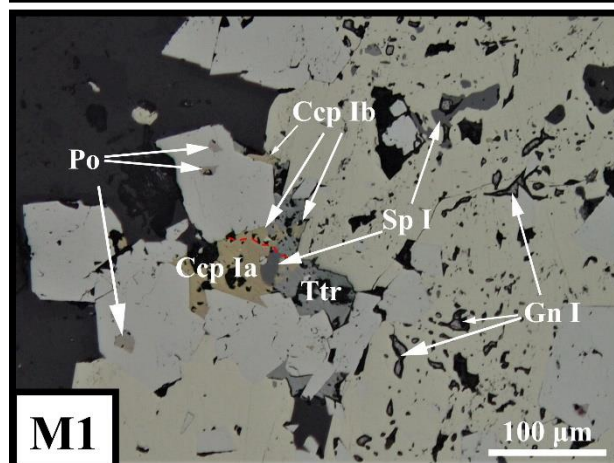
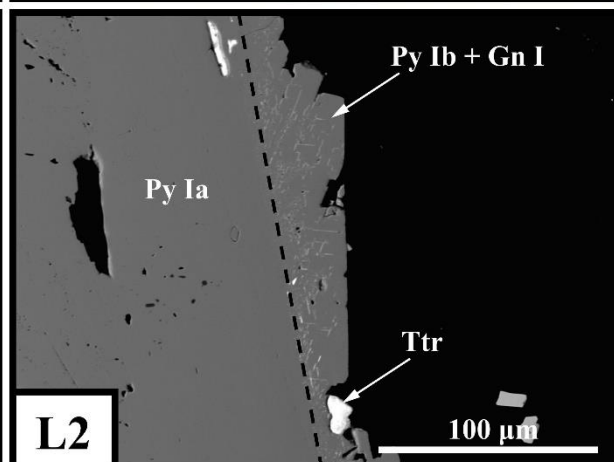
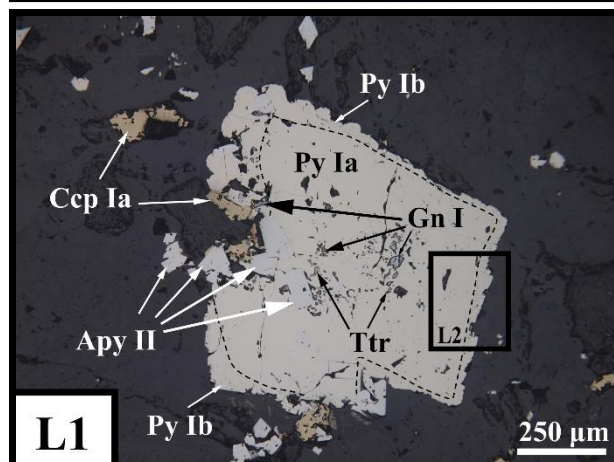
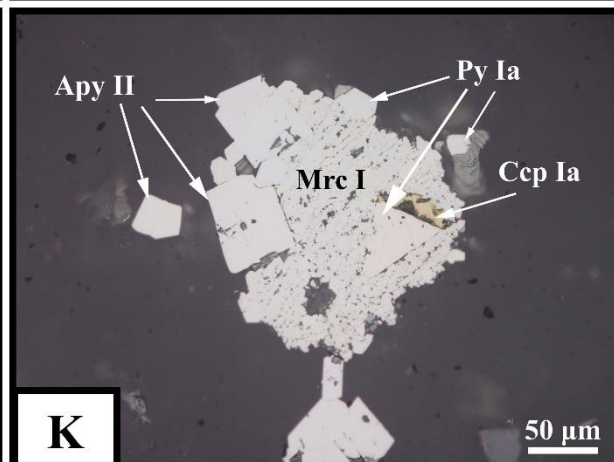
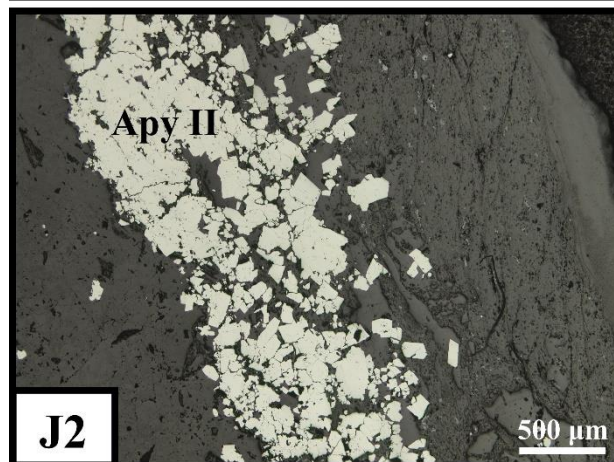
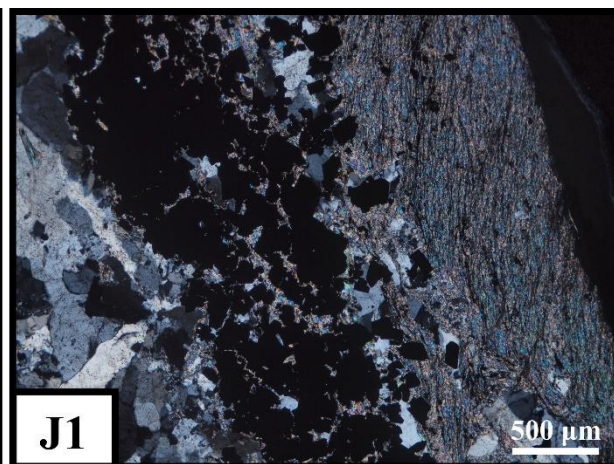
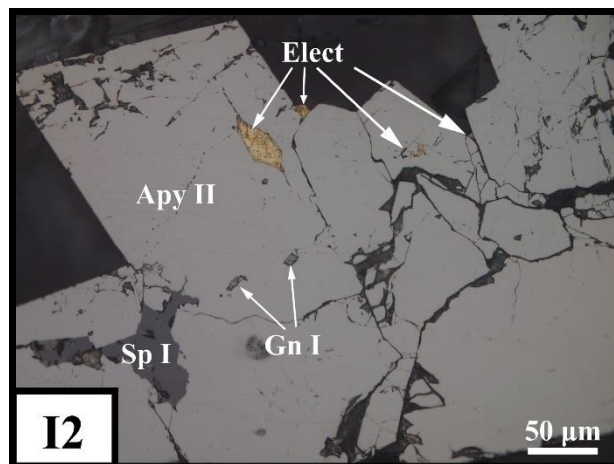
¹⁶ Note-se que, apesar de a abreviatura *Ms* remeter para Moscovite, segundo a nomenclatura estipulada por Whitney & Evans (2010), esta é utilizada neste capítulo apenas como abreviatura para mica branca em sentido lato.

¹⁷ Apy II é tendencialmente mais euédrica e exibe tonalidade mais pálida que Apy I.

¹⁸ Consultar imagem no Anexo 2.

¹⁹ Consultar imagem no Anexo 2.





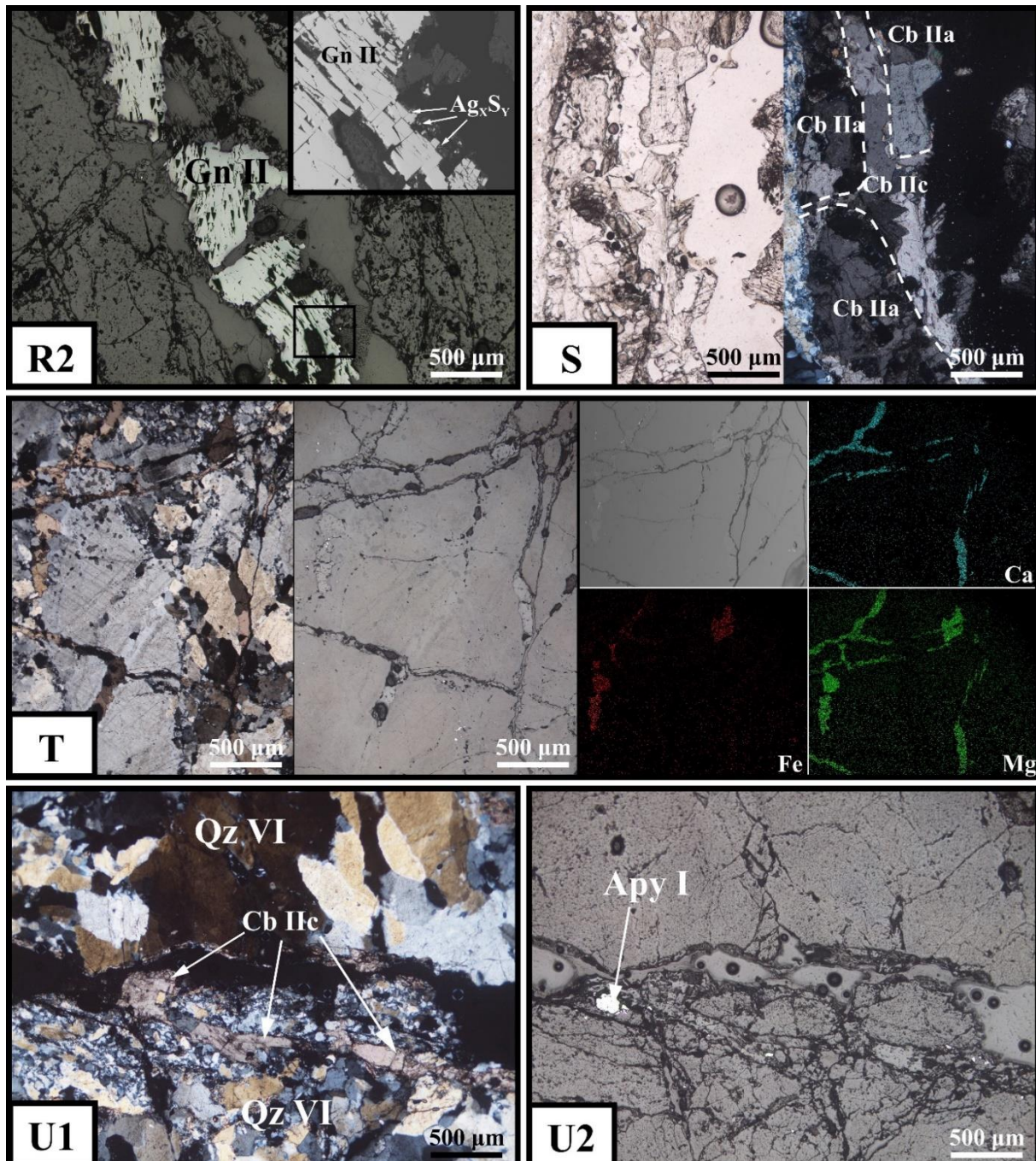


Figura VII.3 – Diversidade textural e mineralógica dos efeitos do evento mineralizante em contexto filoniano: **A** – Corredor de cisalhamento que concorre para deformação acentuada dos agregados de Qz VI (A1). Este evento controla a precipitação de Apy I (A2), frequentemente associada a agregados de filossilicatos aprisionados nos corpos filonianos que, por sua vez, tendem a recrystalizar (Ms I) [#EG-22a;LT-X (A1) & LR-// (A2); Ampl. 5x (A1 & A2)]; **B** – Corredores de cisalhamento com direcção variável (50-100° relativamente à aresta longa da lâmina polida), que promovem o desenvolvimento de faixas de esmagamento e forte cominuição do grão da matriz siliciosa (Qz VI) [#EG-24;LT-X; Ampl. 5x]; **C** – Precipitação de Apy II + Py I, marcada por diversos ciclos de precipitação e esmagamento (C2), controlada pelas estruturas de cisalhamento tardias que afectam os corpos filonianos (C1) [#EG-24;LR-// (C1 & C2); Ampl. 5x (C1) & Ampl. 40x (C2)]; **D** – Precipitação de Apy II + Mrc I, marcada por diversos ciclos de precipitação e esmagamento (D2 e D3), controlada pelas estruturas de cisalhamento tardias que afectam os corpos filonianos (D1) [#EG-20;LR-// (D1), LR-X (D2), IC (D3); Ampl. 5x (D1 & D2)]; **E** – Precipitação de Apy II + Mrc I controlada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam os corpos lenticulares (E1 e E2). Os elementos da brecha encontram-se cimentados por Qz VII [#EG-20;LR-// (E1) & LR-X (E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Precipitação de Apy II + Sp I + Po controlada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam os corpos lenticulares [#EG-20;LR-//; Ampl. 5x]; **G** – Precipitação de Elect condicionada por eventos de brechificação (hidráulica) que afectam os corpos lenticulares. A deposição desta liga metálica encontra-se espacialmente associada a Apy I (?) pré-existente [#EG-20;LR-//; Ampl. 10x]; **H** – Reabertura dos corredores de cisalhamento que controlam a precipitação de Apy I (H1), seguida de deposição de Qz VII + Apy II (H1 e H2). Pontuações de Gn realçam a fronteira entre as duas gerações de Apy

(H3) [#EG-22b;LT-X (H1), LR-// (H2), IC (H3); Ampl. 5x (H1 & H2)]; **I** – Precipitação de Apy II + Py I + Sp I, imediatamente seguida de Gn I + Uln I (**II**), pontualmente acompanhada de Elect (**I2**) [#EG-22b;LR-// (I1 & I2); Ampl. 10x (I1) e Ampl. 40x (I2)]; **J** – Precipitação de Apy II + Qz VII ao longo de planos de estratificação (**J2**). Note-se a íntima relação espacial entre Apy II e os agregados de filossilicatos pré-existentes (**J1**) [#EG-21;LT-X (J1) & LR-// (J2); Ampl. 5x (J1 & J2)]; **K** – Mrc I a envolver Apy II, Py Ia e Ccp Ia [#EG-21;LR-//; Ampl. 40x]; **L** – Deposição de Apy II + Py Ia + Ccp Ia seguida de cisalhamento de Py Ib + Gn I + Ttr (**LI**). Note-se a relação textural entre Py Ib e Gn I, encontrando-se a última sob a forma de “palhetas” incluídas na primeira (**L2**) [#EG-21;LR-// (L1) & IC (L2); Ampl. 10x (L1)]; **M** – Gn I + Ttr + Ccp Ib (**M2**) a preencher espaços de agregado pré-existente de Apy II + Py Ia + Ccp Ia + Sp I (**M1**). Frequentemente, Apy II apresenta inclusões de Po (**M1**). A linha vermelha a tracejado pretende marcar a fronteira entre Ccp Ia (acompanhada de Sp I) e Ccp Ib (acompanhada de Ttr). Importa também clarificar que o mapa composicional para Cu apresenta sobreposição espectral com o mapa composicional para Zn [#EG-21;LR-// (M1) & IC (M2); Ampl. 40x]; **N** – Reabertura de corredor de cisalhamento com Apy II (**N2**) e precipitação de Cb II (**N1**) [#EG-20;LT-X (N1) & LR-// (N2); Ampl. 5x (H1 & H2)]; **O** – Abertura de fenda oblíqua aos corredores de cisalhamento mais precoces que controlam a deposição de Apy I (**O2**), e precipitação de Cb II (**O1**) [#EG-22a;LT-X (O1) & LR-// (O2); Ampl. 5x (O1 & O2)]; **P** – Fragmentação do agregado silicioso e cimentação por carbonato rico em Fe (Cb Ila) [#EG-21;LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x]; **Q** – Brechificação ao longo de corredores estruturais correlacionáveis com os que controlam a deposição de Apy II, seguida de precipitação de Cb Iib (**Q1**) acompanhado de Py II ± Sp II (**Q2**) [#EG-24;LT-X (Q1) & LR-// (Q2); Ampl. 5x (Q1 & Q2)]; **R** – Preenchimento de Cb Iic (**R1**) e Gn II ± Ag_xS_y (**R2**) [#EG-18;LT-X (R1) & LR-// (R2); Ampl. 5x (R1 & R2)]; **S** – Cb Iic cortando o preenchimento anterior de Cb Iia [#EG-18;LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x]; **T** – Preenchimentos mais precoces de Cb Iia (contendo Fe) cortados por cortejo de fendas preenchidas por Cb Iic [#EG-24;LT-X (esquerda) & LR-// (direita); Ampl. 5x]; **U** – Reabertura dos corredores de cisalhamento precoces que controlam a deposição de Apy I (**U2**) e preenchimento por Cb Iic (**U1**) [#EG-24;LT-X (U1) & LR-// (U2); Ampl. 5x (U1 & U2)].

Como documentado no capítulo VI (Figura VI.2-N), ocasionalmente, em domínios adjacentes aos corpos lenticulares, reúnem-se condições para abertura de fendas com pendor para NE, e de outras descontinuidades pré-existentes (e.g. planos de estratificação; Amostra EG-21²⁰). O início do processo é tendencialmente marcado pela precipitação de Apy II ± Qz VII ao longo dessas descontinuidades planares (Figura VII.3-J) e, posteriormente, pela abertura e deposição de **Qz VII + Apy II + Py Ia + Mrc I + Ccp Ia + Sp I ± Po**, imediatamente seguida pela deposição de **Py Ib + Ttr + Gn I + Ccp Ib** (Figuras VII.3-K, VII.3-L e VII.3-M).

Impulsos tardios e movimentação predominantemente esquerda de todo o dispositivo estrutural concorrem para a abertura dos corredores de cisalhamento, e respectivas fendas subsidiárias, gerados aquando do evento de coalescimento das falhas com pendor para SSW; verifica-se a deposição de precipitados hidrotermais maioritariamente constituídos por agregados de carbonato (Figura VII.3-N e Figura VII.3-O, respectivamente). Inicialmente, as estruturas são reactivadas, promovendo fragmentação da matriz de Qz VI e precipitação de carbonato ferroso (**Cb Iia**; Figura VII.3-P). Pontualmente, ocorrem eventos de brechificação (hidráulica) ao longo destes corredores, sublinhados pela deposição de **Cb Iib + Py II ± Sp II** (Figura VII.3-Q). O rejogo destas estruturas resulta na criação de espaço, subsequentemente preenchido por **Cb Iic + Gn II ± Ag_xS_y** (Figuras VII.3-R, VII.3-S, VII.3-T). Ocasionalmente verifica-se reabertura dos corredores de cisalhamento mais precoces que hospedam Apy I (Figura VII.3-U).

Na rocha metassedimentar encaixante, a propagação e coalescimento das estruturas com pendor para SSW é inicialmente marcado pela precipitação de **Apy II ± Qz VII** ao longo de: (i) planos de estratificação (Figura VII.4-A1); (ii) bordos de preenchimentos precoces subconcordantes com S₀ (Figura VII.4-A2); ou (iii) periferia dos fragmentos segmentados de rocha pelítica nestes aprisionados (Figura VII.4-A3); sistematicamente associada a agregados de filossilicatos²¹, frequentemente com evidências de recristalização (**Ms Ia**). A sucessiva acumulação de pressão de fluidos promove dilatações locais e abertura de espaços intergranulares em agregados de quartzo pré-existentes, especialmente daqueles que preenchem estruturas de 5ª geração. O espaço criado é inicialmente preenchido por **Py Ia ± Qz VII** (Figura VII.4-B), seguido da deposição de agregados finos de **Cb Ia ± Ms Ib** em fracturas inter a transgranulares (Figura VII.4-C). Por vezes, na proximidade destes preenchimentos observam-se

²⁰ Consultar imagem no Anexo 2.

²¹ Independentemente da estrutura que controla a precipitação de Apy II, nos corpos lenticulares e na rocha encaixante, a deposição do sulfureto depende fortemente dos gradientes redox localmente estabelecidos.

mantos de subgranulação intergranular nos agregados de Qz V (Figura VII.4-D). A partição local da deformação concorre para a génese de corredores de cisalhamento, ligeiramente oblíquos aos planos de estratificação, que são preenchidos pelos agregados finos de Cb Ia ± Ms Ib, e frequentemente apresentam evidências de deformação por esmagamento (Figura VII.4-E). Usualmente, estes preenchimentos são tardiamente acompanhados por **Py Ib + Ccp I²² + Sp I ± Gn I ± Gdf I ± Mrc I** (Figuras VII.4-F, VII.4-G e VII.4-H), especialmente quando se reúnem condições para reabertura dos contactos entre fendas subconcordantes com S₀ e a rocha encaixante em locais onde estas sejam particularmente abundantes, promovendo incremento de escoamento de fluido (Amostra EG-06²³). Dentro do mesmo evento, a deposição de Gn I tende a ser mais tardia (Figura VII.4-I). Todo o percurso evolutivo ultimamente descrito é marcado pela substituição de porções de material encaixante rico em filossilicatos (domínios pelíticos), resultando na génese de agregados compostos por **Ms Ic + Chl I + Rt ± Cb Ib²⁴** (Figuras VII.4-J, VII.4-K e VII.4-L).

Os impulsos tardios e a movimentação esquerda do dispositivo estrutural concorrem para a reactivação de planos de estratificação e deposição de agregados de **Chl II ± Ms II**, intersectando os preenchimentos inter a intragranulares de Cb Ia + Ms Ib (Figura VII.4-M). Da mesma forma, a precipitação destes agregados pode também ocorrer ao longo de corredores de cisalhamento que afectam sobretudo a periferia de fendas subconcordantes com S₀ (Figura VII.4-N). Na presença de fendas oblíquas aos planos de estratificação, como é o caso da 4ª geração de estruturas, estes agregados podem depositar-se em espaços intergranulares do preenchimento quartzoso ou nas fronteiras dessas fendas (Figura VII.4-O).

Posteriormente, verifica-se reabertura de estruturas pré-existentes (Figura VII.4-P), nomeadamente as que integram a 4ª geração (Figura VII.4-Q), e precipitação de **Qz VIIa + Chl III²⁵ + Py II + Mrc II + Sp IIa + Ccp IIa ± Fsp ± Mlr ± Gdf II ± Cb IIa ± Ms IIIa ± Gn IIa ± Xtm** (Figuras VII.4-R e VII.4-S), sendo a precipitação de Cb IIa ± Ms IIIa ± Gn IIa ± Xtm algo tardia relativamente à restante associação mineral. Localmente ocorrem fenómenos de despressurização (Figura VII.4-T) contribuindo para a génese de texturas brechificadas (Amostra EG-23²⁶). Note-se a íntima relação espacial entre os preenchimentos dominados por Qz IV e Qz VIIa (Figura VII.4-U). A acumulação progressiva de tensão concorre para a neoformação de fendas de tracção com disposição *en échelon*, em vez de reabrir apenas estruturas pré-existentes, sendo estas subsequentemente preenchidas pela associação **Cb IIb + Ms IIIb + Qz VIIIb + Sp IIb ± Ccp IIb ± Gn IIb ± Bnn ± Ulm ± Ap ± Mnz** (Figuras VII.4-V e VII.4-W). A precipitação de Qz VIIIb e Ms IIIb é algo precoce e tardia, respectivamente, relativamente à restante associação mineral (Figura VII.4-V). Não obstante, também se verificam reaberturas de estruturas pré-existentes, como fendas (Figura VII.4-X) e preenchimentos precoces ao longo dos planos de estratificação (Amostra EG-19²⁷; Figura VII.4-Y). Pontualmente, instalam-se faixas de brechificação (hidráulica) com preenchimento mineral idêntico, fortemente oblíquas a S₀ (Amostra EG-01²⁸). Durante este estágio tardio de evolução do sistema mineralizante, tendem a desenvolver-se dois conjuntos de estruturas planares, presumivelmente conjugados, cujo ângulo de intersecção é baixo e a bissectriz aguda subparalela a S₀ (Figura VII.4-Z). A movimentação destas estruturas promove frequentemente abertura de espaço em zonas de irregularidade dos planos de falha, posteriormente colmatado pela associação mineral anteriormente enunciada.

²² Pontualmente, Ccp I apresenta coloração acastanhada (Figuras VII.4-G e VII.4-H).

²³ Consultar imagem no Anexo 2.

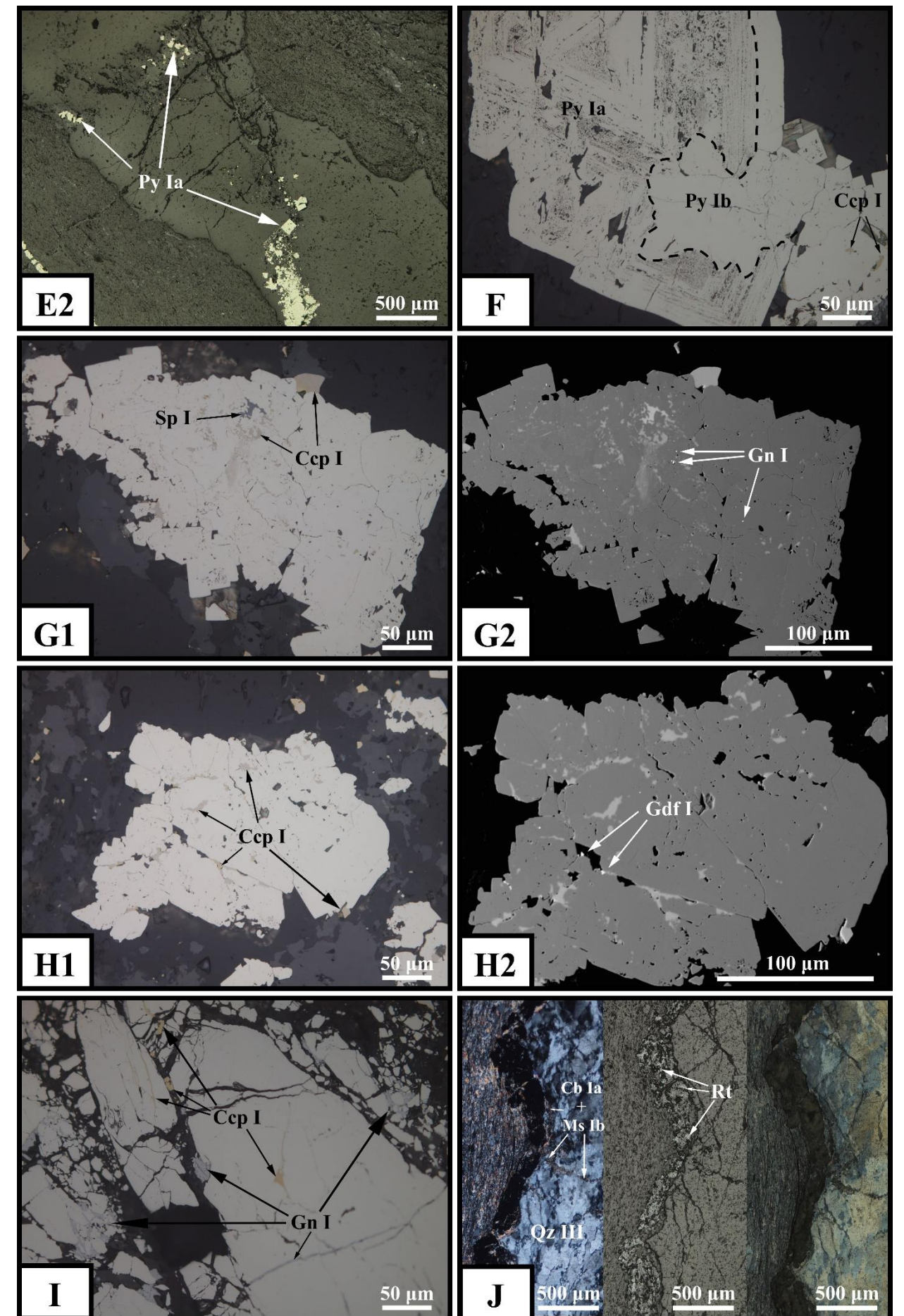
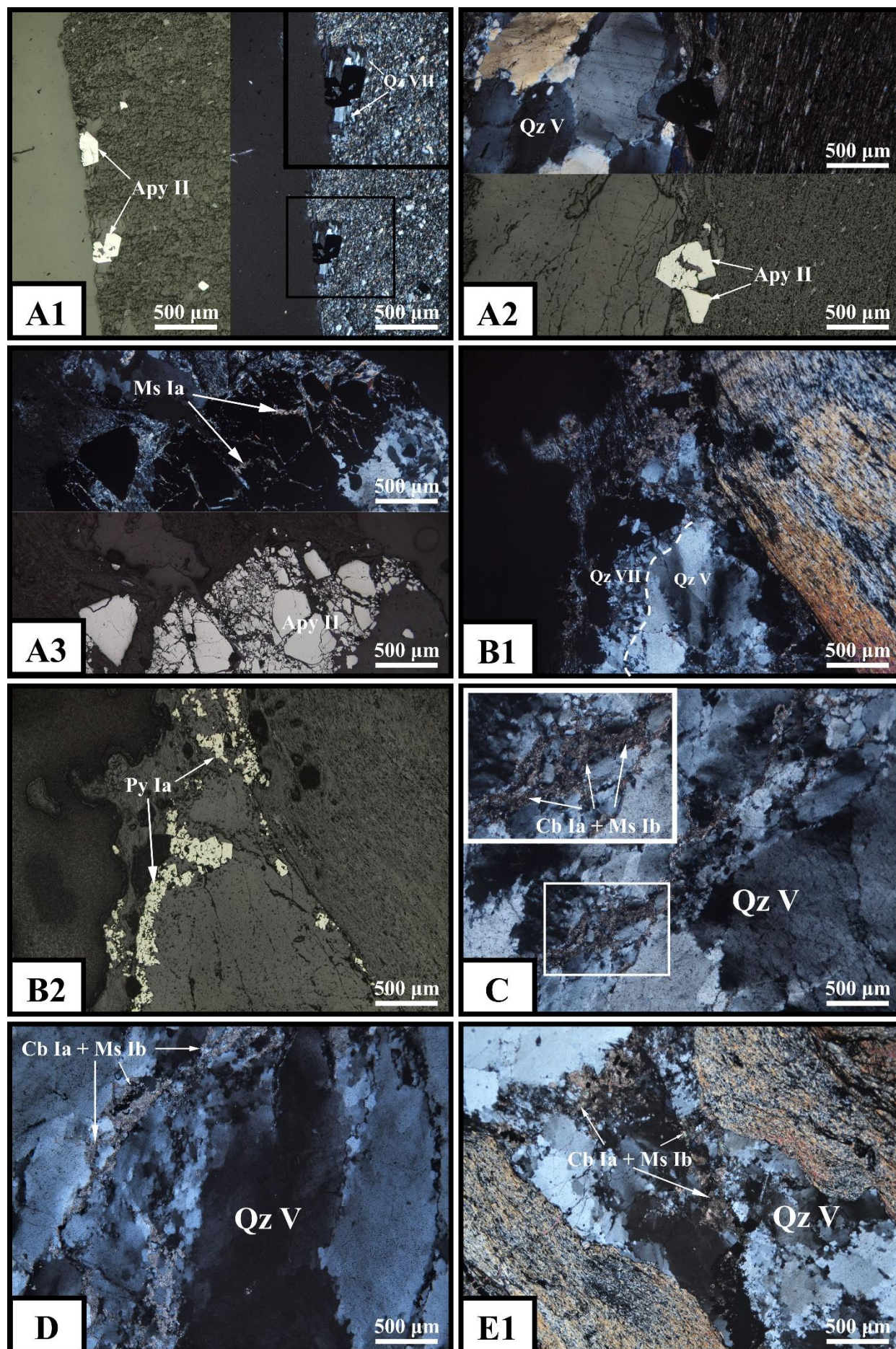
²⁴ As “escamas elípticas alongadas” de carbonato identificadas no capítulo de IV como estando associadas à 5ª geração de preenchimentos, correspondem ao resultado macroscópico desta reacção.

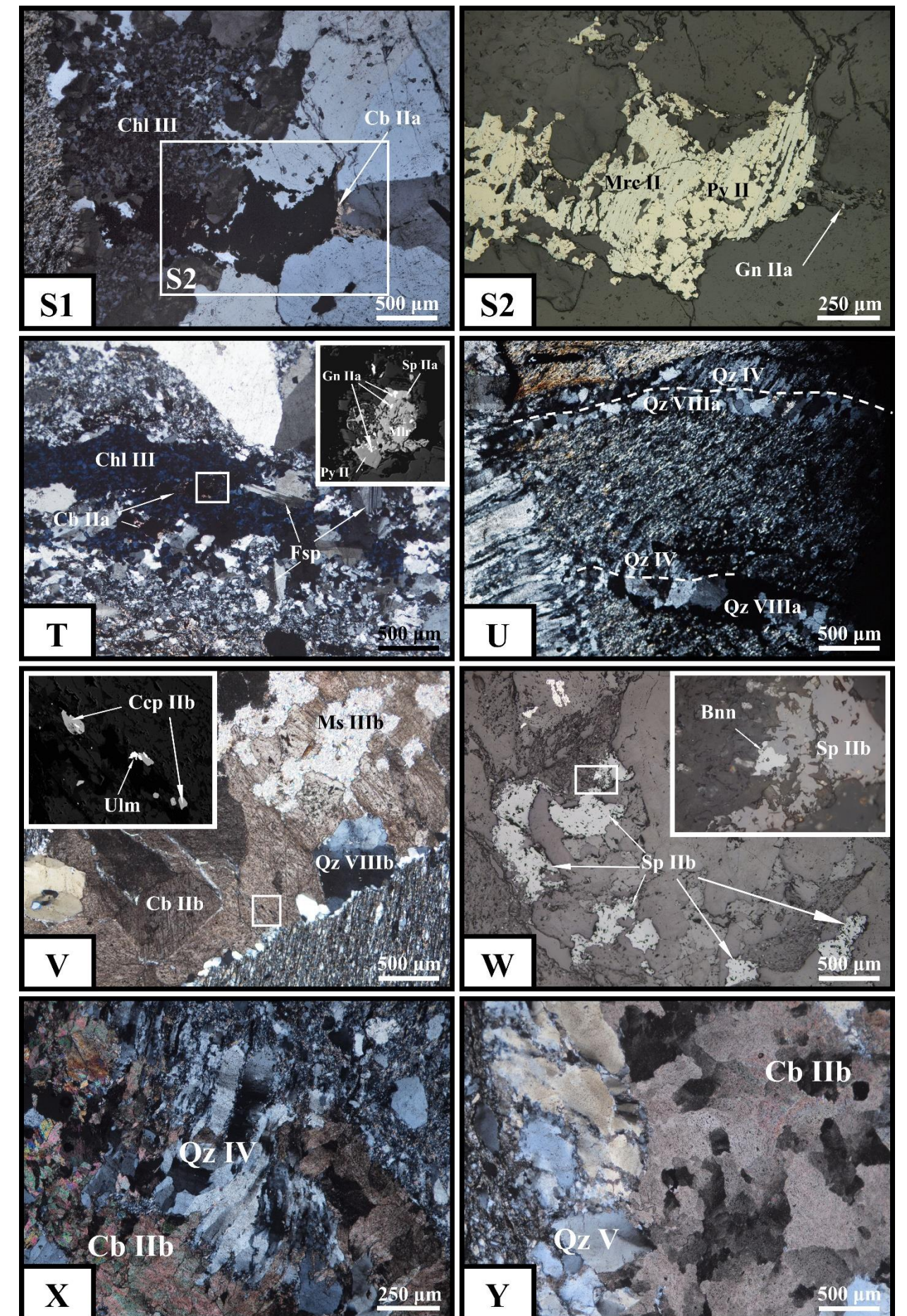
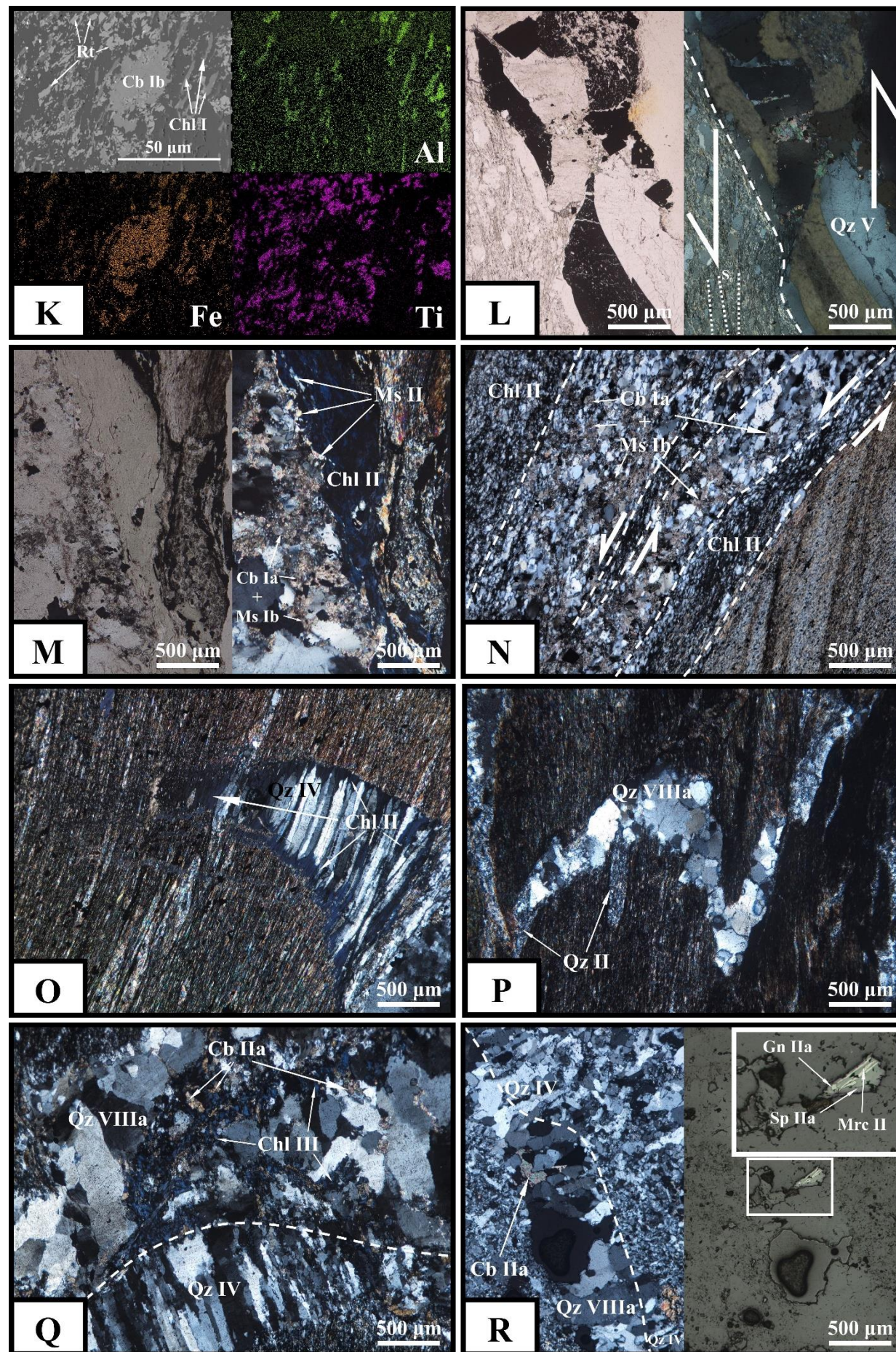
²⁵ Note-se que Chl III representa duas variedades de clorite: (i) cor de interferência anómala azul, frequentemente vermicular, e (ii) cor de interferência anómala castanha, frequentemente em leque.

²⁶ Consultar imagem no Anexo 2.

²⁷ Consultar imagem no Anexo 2.

²⁸ Consultar imagem no Anexo 2.





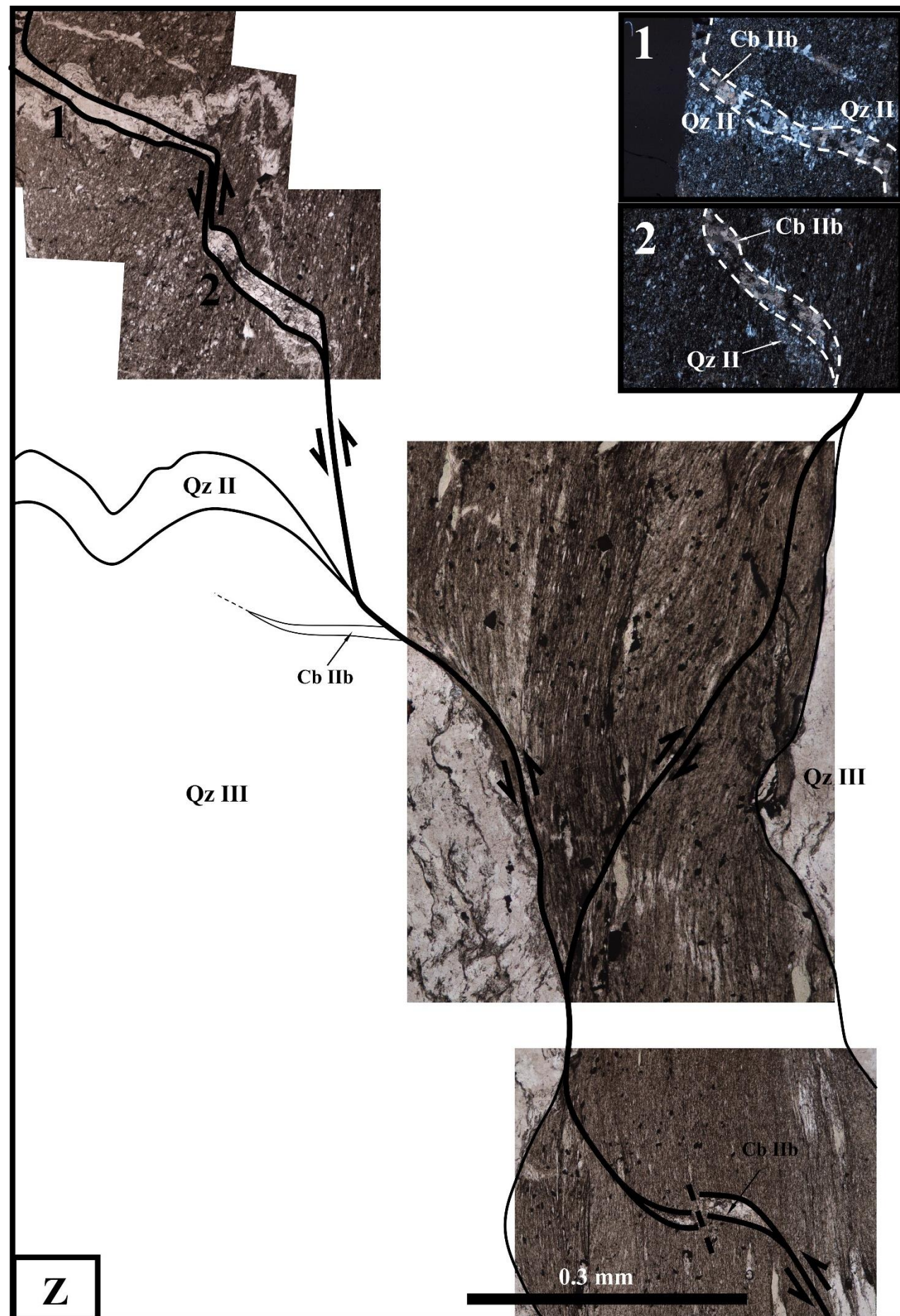


Figura VII.4 – Diversidade textural e mineralógica dos efeitos do evento mineralizante em contexto metassedimentar: **A** – Precipitação de Apy II em planos de estratificação (**A1**), bordos de fendas pré-existent (**A2**) e fragmentos segmentados de encaixante metapelítico aprisionado no seio de fendas subconcordantes com S_0 (**A3**). Notar a precipitação de franjas de quartzo (**Qz VII**) cuja orientação marca a direcção de abertura (**A1**) [#EG-13 (A1);LR-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl. 5x. #EG-13 (A2);LR-// (base) & LT-X (topo); Ampl. 5x. #EG-18 (A3);LR-// (base) & LT-X (topo); Ampl. 5x]; **B** – Precipitação de Py Ia + Qz VII em espaço criado na dependência de dilatações locais geradas em fendas de Qz V [#EG-06; LT-X (B1) & LR-// (B2); Ampl. 5x (B1 & B2)]; **C** – Fracturas inter a transgranulares em Qz V preenchidas por Cb Ia + Ms Ib [#EG-10; LT-X ; Ampl. 5x]; **D** – Mantos de subgranulação intergranular em agregado de Qz V [#EG-10; LT-X ; Ampl. 5x]; **E** – Partição local da deformação e desenvolvimento de corredor de cisalhamento em fenda de Qz V, subsequentemente preenchido por Cb Ia + Ms Ib (**E1**). Note-se a fragmentação da Py Ia pré-existente (**E2**) [#EG-06; LT-X (E1) & LR-// (E2); Ampl. 5x (E1 & E2)]; **F** – Py Ib, acompanhada de Ccp I, perturbando estrutura interna de crescimento de Py Ia [#EG-03; LR-// ; Ampl. 40x]; **G** – Py Ia cortada por Ccp I + Sp I ± Py Ib (**G1**); adicionalmente, verifica-se a presença de Gn I (**G2**) [#EG-03; LR-// (G1) & IC (G2); Ampl. 40x (G1)]; **H** – Py Ia cortada por Ccp I (**G1**); observam-se ainda grãos micrométricos de Gdf I (**G2**) [#EG-03; LR-// (H1) & IC (H2); Ampl. 40x (H1)]; **I** – Apy II fragmentada cujas fracturas se encontram preenchidas por Gn I + Ccp I [#EG-18; LR-//; Ampl. 40x]; **J** – Substituição de contacto de material encaixante com fenda de Qz III [#EG-10; LT-X (esquerda), LR-X (centro) & LR-X (direita); Ampl. 5x]; **K** – Matriz de Ms Ic + Chl I + Rt I ± Cb Ib resultante da substituição de porções (metapelíticas) do encaixante metassedimentar [#EG-18; IC]; **L** – Agregados de Ms Ic + Chl I + Rt I ± Cb Ib aprisionados em fendas de Qz V. A forma e disposição destes agregados é compaginável com o aprisionamento de fragmentos de encaixante por coalescimento das fendas que hospedam Qz V [#EG-03; LT-// (esquerda) & LR-X (direita); Ampl.5x]; **M** – Precipitação de agregados Chl II + Ms II ao longo de planos de estratificação, cortando preenchimentos de Cb Ia + Ms Ib anteriores [#EG-03; LT-// (esquerda) & LT-X (direita); Ampl.5x]; **N** – Faixas de cisalhamento instaladas em estrutura de Qz III na dependência das quais se geram fendas subsequentemente preenchidas por Chl II [#EG-09; LT-X; Ampl.5x]; **O** – Preenchimento de Chl II ao longo do bordo de estrutura de 4ª geração e das fronteiras intergranulares da matriz de Qz IV que a preenche [#EG-13; LT-X; Ampl.5x]; **P** – Estrutura dobrada (2ª geração) reaberta e repreenchida por Qz VIIa [#EG-15; LT-X; Ampl.5x]; **Q** – Fenda de 4ª geração (Qz IV) reaberta e repreenchida por Qz VIIa + Chl III + Cb IIa [#EG-04; LT-X; Ampl.5x]; **R** – Fenda de 4ª geração (Qz IV) reaberta e repreenchida por Qz VIIa + Cb IIa + Mrc II + Sp IIa + Gn IIa [#EG-04; LT-X; Ampl.5x]; **S** – Deposição de Qz VIIa + Chl III + Mrc II + Py II, seguida de Cb IIa + Gn IIa ± Ms IIIa, em espaço criado por reabertura de fendas preenchidas por Qz IV. Note-se que Chl III abrange duas variedades de clorite: (i) cor de interferência anômala castanha, frequentemente gerando agregados em leque/roseta (mais precoce), e (ii) cor de interferência anômala azul, frequentemente vermicular (mais tardia) [#EG-03; LT-X (S1) & LR-// (S2); Ampl. 5x (S1) & Ampl. 10x (S2)]; **T** – Precipitação de Qz VIIa + Chl III + Fsp, seguida de Cb IIa acompanhado de Mlr + Py II + Sp IIa + Gn IIa [#EG-23; LT-X + IC; Ampl.5x]; **U** – Relação espacial íntima entre preenchimentos de Qz IV e Qz VIIa [#EG-02; LT-X; Ampl.5x]; **V** – Fenda tardia preenchida por Cb IIb + Ms IIIb + Qz VIIb + Ccp IIb + Ulm [#EG-07; LT-X + IC; Ampl.5x]; **W** – Precipitação de Sp IIb + Brn associadas a Cb IIb [#EG-01; LR-//; Ampl.5x]; **X** – Reabertura de fenda preenchida por Qz IV e precipitação de Cb IIb [#EG-11; LT-X; Ampl.10x]; **Y** – Reabertura de fenda subconcordante com S_0 e precipitação de Cb IIb. Este carbonato corresponde ao mineral de cor rosada desconhecido identificado no capítulo IV [#EG-19; LT-X; Ampl.5x]; **Z** – Sistema conjugado de deslizamento que promove a abertura de fendas subperpendiculares ao eixo do testemunho (representação esquemática de secção da lâmina delgada polida referente a amostra EG-13). À macroescala, mais concretamente na Amostra EG-11, também se identifica a génese das fendas anteriormente enunciadas.

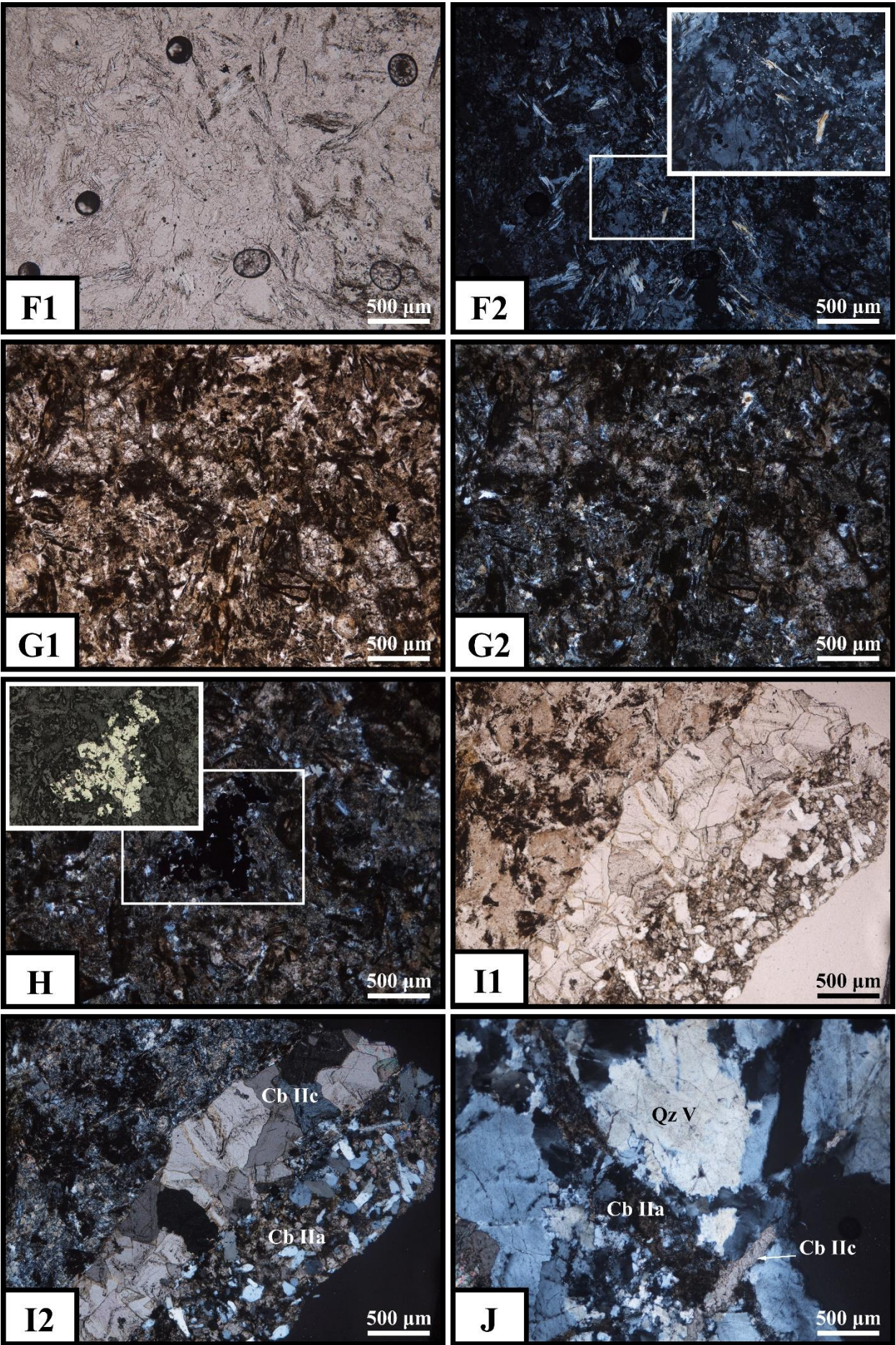
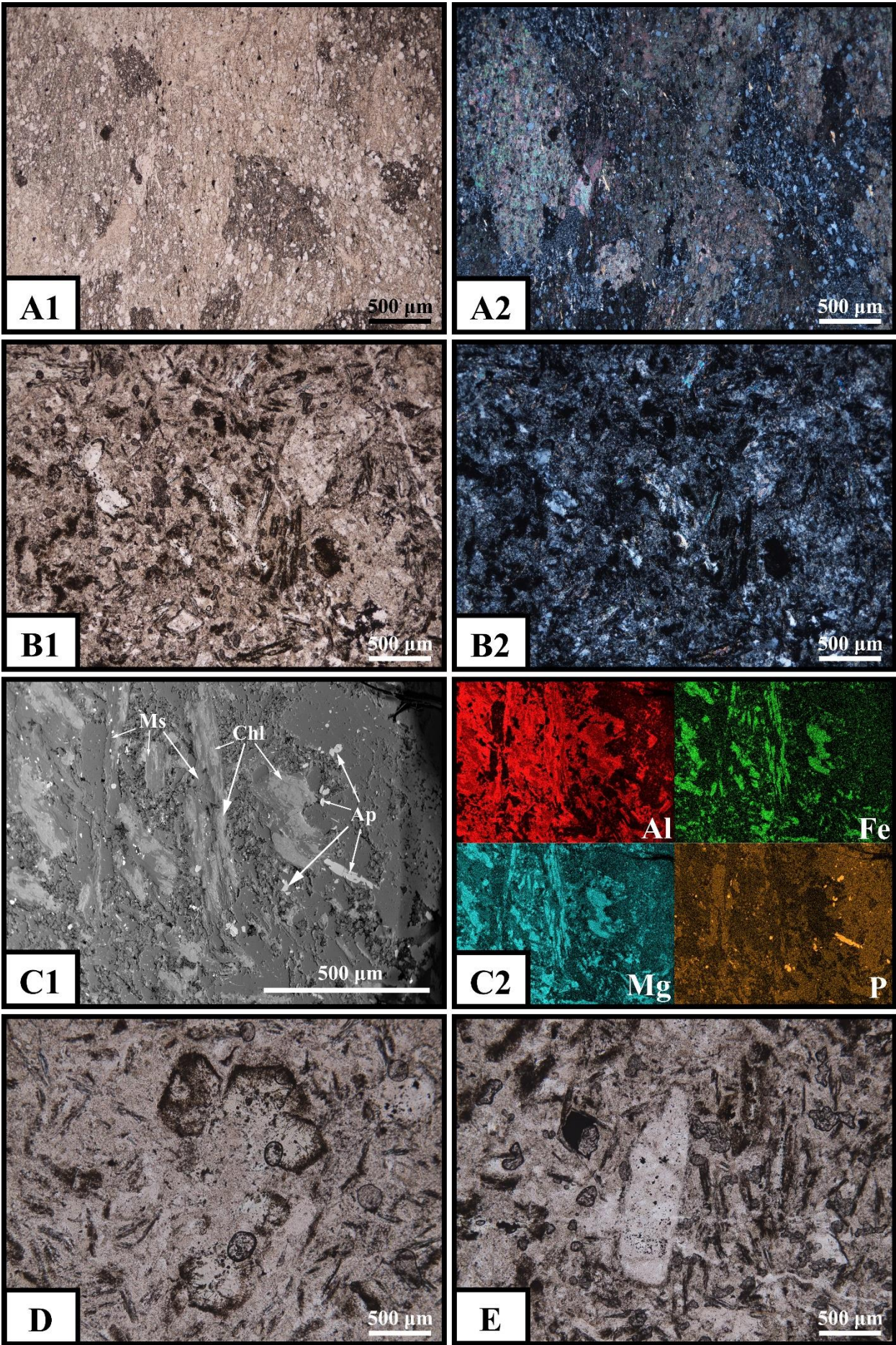


Figura VII.5 – Características texturais e mineralógicas de exemplares de rocha ígnea e nódulos carbonatados associados a leitos siliciclásticos: **A** – Impregnação de rocha siliciclástica e precipitação de carbonato (presumivelmente Cb IIb). O fabric original da rocha encontra-se marcado por alinhamentos de agregados orientados de mica [#EG-12; LT-// (A1) & LT-X (A2); Ampl.5x (A1 e A2)]; **B** – Matriz fanerítica e isotrópica da rocha ígnea (**B1**), cuja mineralogia primária se encontra totalmente obliterada (**B2**) [#EG-16; LT-// (B1) & LT-X (B2); Ampl.5x (B1 e B2)]; **C** – Mineralogia secundária produto da alteração da rocha ígnea [#EG-16; IC (C1 & C2)]; **D** – Possíveis sombras de secções basais de cristais de anfíbola preservadas na rocha ígnea [#EG-16; LT-//; Ampl. 5x]; **E** – Possíveis sombras de secções longitudinais de cristais de feldspato preservadas na rocha ígnea [#EG-16; LT-//; Ampl. 5x]; **F** – Efeitos resultantes do processo de silicificação da rocha ígnea [#EG-16; LT-// (F1) & LT-X (F2); Ampl.5x (F1 e F2)]; **G** – Efeitos resultantes do processo de carbonatação da rocha ígnea [#EG-14; LT-// (G1) & LT-X (G2); Ampl.5x (G1 e G2)]; **H** – Precipitação de Py (presumivelmente Py I) associada ao evento de carbonatação da rocha ígnea [#EG-14; LT-X + LR-//; Ampl. 5x]; **I** – Efeitos resultantes de impulsos tardios das falhas com pendor para SSW, semelhantes aos verificados em contexto filoniano, iniciando-se pela precipitação de Cb rico em Fe (Cb IIa), seguido da deposição, em regime transtensivo, de Cb IIc. Notar a similaridade do comportamento reológico da rocha ígnea silicificada e dos filões quartzosos [#EG-17; LT-// (I1) & LT-X (I2); Ampl. 5x (I1 e I2)]; **Figura J** – Matriz siliciosa referente ao fragmento incluso na rocha ígnea, com características semelhantes aos agregados Qz V. Tardamente, este é afectado por estruturas associadas aos de impulsos tardios das falhas com pendor para SSW, há semelhança do contexto filoniano [#EG-14; LT-X; Ampl. 5x];

Na proximidade de níveis detríticos mais grosseiros, geralmente mais permeáveis, o fluido hidrotermal tem a possibilidade de invadir a matriz rochosa e substituir localmente domínios quimicamente mais reactivos, concorrendo para a precipitação de carbonato ± agregados finos de mica. A tortuosidade do escoamento é inicialmente governada por permeabilidade secundária (ditada pela densidade e conectividade de fracturas) e, subsequentemente, pela porosidade efectiva da rocha que condiciona a progressão dos mecanismos de difusão e substituição e, consequentemente, promove a progressão diferencial da frente de metassomatismo²⁹. Os agregados de carbonato resultantes preservam no seu interior os elementos detríticos primários do metassedimento (que não reagem de modo significativo com o fluido hidrotermal) e o *fabric* da rocha, marcado pela preservação de alinhamentos de filossilicatos (Figura VII.5-A), mostrando que progressão do metassomatismo é inicialmente controlada por fracturas discretas subparalelas à xistosidade da rocha metassedimentar. No que à rocha ígnea diz respeito, esta apresenta-se fortemente alterada, sendo a matriz composta essencialmente por minerais neoformados, como **Qz + Chl + Ms + Ap ± Cb** (Figuras VII.5-B e VII.5-C). Apesar da forte obliteração da mineralogia, a textura fanerítica primária da rocha tende a ser preservada, sendo possível reconhecer sombras sugestivas da ocorrência primária de anfíbola (Figura VII.5-D) e, eventualmente, feldspato em sentido lato (Figura VII.5-E). Por força da inexistência de relíquias passíveis de análise com microsonda electrónica, não é possível classificar a rocha de forma fidedigna; a eventual presença de anfíbola primária posicionaria esta rocha numa categoria intermédia, em termos do grau de diferenciação magmática. Frequentemente, esta rocha é cortada por filonetes preenchidos por carbonato e/ou quartzo de tonalidade escura (Amostra EG-16³⁰). Nos preenchimentos siliciosos, e disseminado pela rocha ígnea, identificou-se a presença de espinelas cromíferas, das quais se obteve uma análise com microsonda electrónica. É notória a ocorrência de processos de silicificação (Figura VII.5-F) e carbonatação (Figura VII.5-G), sendo este último frequentemente acompanhado pela precipitação de pirite (Figura VII.5-H). Esta rocha é cortada por estruturas frágeis com preenchimentos correlacionáveis com a 2ª geração de carbonato catalogada em contexto filoniano (Figura VII.5-I). Por outro lado, intersecta a xistosidade e crenulações geradas aquando do dobramento dos filonetes da 2ª geração de quartzo, e engloba fragmentos de preenchimentos quartzosos precoces (Amostra EG-14³¹) com características ópticas idênticas às que tipificam a 5ª geração de preenchimentos (Figura VII.5-J).

Como corolário da informação são apresentadas sugestões de quadros paragenéticos para os contextos filoniano (Figura VII.6-A) e metassedimentar (Figura VII.6-B); procurou-se ainda integrar a informação de ambos os contextos num quadro paragenético geral representativo da evolução mineralógica do sistema mineralizante de Escádia Grande (Figura VII.6-C).

²⁹ Este evento culmina na geração de agregados esferoidais que, à macroescala, no capítulo IV, foram identificados como elementos clásticos de níveis possivelmente vulcanoclásticos (Amostra EG-12; Anexo 2).

³⁰ Consultar imagem no Anexo 2.

³¹ Consultar imagem no Anexo 2.

[illegible]

Figura VII.6 – Quadros paragenéticos para o sistema mineralizante de Escádia Grande: **A** – Sugestão de quadro paragenético descritivo da evolução mineralógica do sistema mineralizante em contexto filoniano; **B** – Sugestão de quadro paragenético descritivo da evolução

VIII. Química Mineral

O estudo de química mineral visou a caracterização da variabilidade composicional das principais fases minerais identificadas em diferentes contextos petrográficos, no sentido de investigar a presença de marcadores ao nível de elementos menores e/ou traço potencialmente interessantes do ponto de vista metalogenético. Este estudo foca-se particularmente nas gerações minerais directamente correlacionáveis com o evento mineralizante principal. A possibilidade de diferenciar quimicamente diferentes gerações minerais, especialmente as traçadoras de efeitos imputáveis ao evento mineralizante aurífero principal, pode tornar-se útil para o reconhecimento de associações elementares potencialmente marcadoras do mesmo evento na litogeoquímica de rocha total.

Tendo em conta a diversidade de fases minerais, frequentemente representadas por várias gerações, e o número limitado de lâminas polidas para análise com microsonda electrónica, algumas fases minerais encontram-se subamostradas, motivo pelo qual, ocasionalmente, foi necessário recorrer a análises cujo desvio estequiométrico relativamente à composição ideal superava os 2%. A selecção dessas análises teve como primeiro critério a tolerância de desvios iguais ou inferiores a 2,5% relativamente ao fecho das análises. Seguidamente testaram-se as proporções catiónicas para confirmação do correspondente ajustamento à estequiometria; desvios $\leq 5\%$ constituíram o segundo critério para a selecção de análises. A inclusão destas análises pretendeu assegurar a representatividade estatística dos dados.

O processamento numérico dos resultados analíticos teve como ponto de partida a análise de estatística descritiva de cada conjunto de análises pontuais, distinguindo as diferentes gerações documentadas. Por norma, as tabelas que sintetizam esta análise apresentam “média” e “mediana” como medidas de tendência central; porém, em situações de escassez de amostragem ($n < 5$) apenas a “média” foi calculada. Adicionalmente, para fases minerais com número de análises considerável ($n \geq 70$), calcularam-se os quartis que caracterizam as distribuições de valores para cada geração, desde que o total de análises perfaça $n \geq 15$. Nas tabelas-síntese apenas se apresentam os elementos químicos estatisticamente representativos, isto é, aqueles cujo valor de concentração média (para $n < 5$) ou mediana (para $n \geq 5$) ultrapassa o respectivo limite de detecção. O cálculo dos limites de detecção para cada elemento foi realizado com base no valor máximo do conjunto de análises seleccionadas para cada estágio deposicional; o valor máximo foi subsequentemente arredondado em excesso, proporcionalmente à sua magnitude. Determinaram-se também composições médias ($n < 10$) e medianas ($n \geq 10$) para cada geração. A mediana foi preferencialmente utilizada como medida de tendência central por força da forte assimetria que caracteriza a maioria das distribuições dos valores de concentração obtidos, em particular para os elementos menores.

Importa igualmente referir que se realizaram alguns testes com vista à identificação de eventuais sobreposições espectrais. Executou-se este procedimento essencialmente quando se detectaram concentrações baixas, mas consistentes, em elementos menores/traço teoricamente incomuns numa determinada fase mineral. Estes elementos foram projectados contra elementos abundantes na espécie mineral em questão no sentido de identificar possíveis correlações resultantes de artefactos analíticos.

Todas as tabelas referenciadas neste capítulo foram compiladas na Figura VIII.1. Finalmente, nos Anexos 5 e 6 são apresentadas tabelas referentes a limites de detecção e análises representativas, respectivamente, para cada geração de cada fase mineral. As análises pontuais seleccionadas apresentam todas desvios estequiométricos inferiores a 2%, exceptuando “calcopirite Ia (var. castanha)”, millerite, gersdorffite I, monazite e xenótimo.

1	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
S	21.533	21.589	0.365	20.685	22.294	21.423	21.589	21.697
As	42.378	42.418	0.559	41.328	43.492	42.000	42.418	42.748
Sb	0.165	0.127	0.099	0.047	0.395	0.097	0.127	0.199
Fe	35.562	35.526	0.193	35.323	35.963	35.409	35.526	35.686
Mo	0.023	0.019	0.016	0.000	0.052	0.012	0.019	0.034

2	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
S	21.529	21.467	0.644	20.424	23.109	21.020	21.467	21.845
As	42.406	42.503	1.042	39.644	44.838	41.898	42.503	42.988
Sb	0.122	0.091	0.092	0.001	0.436	0.061	0.091	0.173
Fe	35.359	35.408	0.524	32.391	36.161	35.145	35.408	35.646
Mo	0.021	0.020	0.017	0.000	0.058	0.004	0.020	0.034

3a	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	34.930	34.911	0.389	34.102	36.406
Fe	30.107	30.040	0.876	28.879	34.262
Mo	0.072	0.068	0.029	0.021	0.141
Cu	33.292	33.300	0.663	30.434	34.237

3b	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	33.989	0.064	33.921	34.049
Fe	28.407	0.960	27.300	29.017
Mo	0.078	0.010	0.067	0.085
As	0.037	0.048	0.003	0.092
Sb	0.654	0.455	0.362	1.178
Cu	33.112	0.101	33.016	33.217
Pb	0.062	0.056	0.000	0.109
Ag	1.227	0.021	1.204	1.244

4	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	34.782	34.871	0.250	34.096	35.037
Fe	30.155	30.201	0.231	29.738	30.540
Mo	0.058	0.057	0.024	0.027	0.111
Cu	33.879	33.963	0.415	33.236	34.489
Co	0.022	0.019	0.017	0.000	0.057

5	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	33.260	33.276	0.126	33.025	33.434
Zn	61.584	61.068	1.990	59.863	65.697
Fe	3.734	4.193	1.691	0.533	5.622
Cd	0.404	0.430	0.227	0.034	0.742
Mo	0.098	0.103	0.030	0.044	0.142

6a	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	33.426	33.497	0.356	32.600	33.846
Zn	62.541	61.656	3.248	58.447	66.413
Fe	3.272	4.125	2.639	0.390	6.634
Cd	0.161	0.110	0.137	0.001	0.360
Mo	0.098	0.088	0.033	0.065	0.172

6b	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	33.579	33.653	0.212	33.034	33.897
Zn	62.253	61.835	1.429	60.591	66.075
Fe	4.570	5.138	1.446	0.813	5.622
Cd	0.220	0.222	0.052	0.099	0.302
Mo	0.088	0.085	0.023	0.034	0.137

7	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	13.277	13.282	0.284	12.728	13.654
Te	0.046	0.040	0.039	0.000	0.125
Sb	0.145	0.045	0.221	0.000	0.639
Pb	85.177	85.365	0.807	83.734	86.391
Ge	0.035	0.029	0.021	0.000	0.072
Fe	0.364	0.490	0.327	0.000	0.804
Ag	0.160	0.102	0.158	0.000	0.429

8	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	13.424	13.428	0.060	13.345	13.494
Te	0.043	0.051	0.029	0.000	0.077
Pb	86.632	86.601	0.443	86.054	87.356
Ge	0.029	0.025	0.030	0.000	0.078

9	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
S	53.109	53.101	0.233	52.681	53.678	52.937	53.101	53.266
Fe	45.962	46.035	0.400	45.011	46.547	45.760	46.035	46.268
Co	0.024	0.019	0.027	0.000	0.123	0.006	0.019	0.029
Mo	0.040	0.041	0.022	0.000	0.083	0.026	0.041	0.052

10	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
S	53.142	53.167	0.305	52.171	53.599	52.988	53.167	53.364
As	0.148	0.064	0.160	0.000	0.442	0.000	0.064	0.309
Fe	46.207	46.119	0.419	45.347	46.985	45.901	46.119	46.588
Ni	0.173	0.071	0.231	0.000	0.964	0.007	0.071	0.266
Mo	0.049	0.039	0.036	0.001	0.145	0.027	0.039	0.066

11	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
S	53.403	53.359	0.235	52.959	53.754
Fe	46.033	46.331	0.834	43.625	46.731
Ni	0.387	0.064	0.783	0.000	2.721
Co	0.025	0.029	0.012	0.004	0.049
Mo	0.044	0.046	0.021	0.004	0.075

12	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
S	52.736	52.718	0.538	51.344	53.521
Sb	0.400	0.118	0.573	0.000	1.989
Fe	45.769	45.860	0.665	43.925	46.776
Mo	0.039	0.034	0.026	0.000	0.085
Pb	0.371	0.131	0.547	0.000	2.193
Co	0.024	0.024	0.017	0.000	0.076

13	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
S	53.217	53.141	0.204	52.919	53.528
Fe	44.465	44.833	0.842	42.385	45.157
Mo	0.033	0.034	0.021	0.006	0.077
Sn	0.019	0.025	0.015	0.000	0.038
Ni	0.986	0.811	0.393	0.555	1.527
Co	0.090	0.072	0.055	0.024	0.183

14	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
S	38.576	0.426	38.085	38.828
Fe	59.560	0.485	59.007	59.909
Co	0.028	0.016	0.015	0.046

15	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
S	19.825	0.194	19.602	19.956
Se	0.044	0.038	0.017	0.087
Sb	24.711	0.327	24.408	25.057
Pb	42.678	0.261	42.395	42.910
Ga	0.025	0.022	0.000	0.042
Zn	0.611	0.198	0.402	0.797
Fe	0.045	0.029	0.012	0.064
Cu	13.605	0.060	13.548	13.668

16	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
Au	57.149	59.592	4.413	49.178	59.999
Ag	42.097	40.537	3.837	38.395	48.684
Bi	0.397	0.388	0.039	0.358	0.457
S	0.335	0.250	0.218	0.205	0.776
Te	0.148	0.148	0.054	0.073	0.237

17	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
S	21.548	1.093	20.842	23.178
Sb	26.240	0.291	25.849	26.482
Fe	5.148	0.310	4.763	5.521
Zn	1.290	0.490	0.970	2.021
Pb	0.068	0.047	0.000	0.105
Mo	0.047	0.015	0.034	0.068
Ag	29.680	5.622	21.296	33.061
Cu	16.983	3.675	14.919	22.481

18	Média	Mínimo	Máximo
S	17.925	17.797	18.053
Sb	21.935	21.586	22.284
Fe	0.2935	0.201	0.386
Mo	0.062	0.061	0.063
Mn	0.036	0.035	0.036
Ag	59.74	59.515	59.965
Cu	0.623	0.017	1.229

19	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
CO ₂	41.070	40.675	1.633	39.084	46.027	40.090	40.674	41.487
FeO	46.500	48.513	6.775	22.005	55.962	45.836	48.513	50.048
MnO	1.684	1.436	0.981	0.475	4.954	1.125	1.436	1.985
CaO	0.473	0.482	0.256	0.044	1.000	0.267	0.482	0.591
MgO	10.143	9.086	5.301	4.413	28.816	7.224	9.086	10.643

20	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
CO ₂	45.530	45.408	0.569	44.874	46.440
FeO	29.302	30.368	2.570	24.877	31.696
MnO	1.162	1.175	0.516	0.611	1.968
CaO	0.160	0.197	0.085	0.001	0.225
MgO	24.473	23.463	2.101	22.410	27.574

21	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
CO ₂	45.799	0.633	45.084	46.290
SrO	0.110	0.016	0.096	0.127
FeO	3.594	1.429	2.614	5.234
MnO	0.658	0.420	0.375	1.140
CaO	28.462	0.043	28.434	28.512
MgO	18.785	1.162	17.474	19.685

22	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
CO ₂	45.959	45.850	0.275	45.694	46.554
SrO	0.034	0.031	0.030	0.000	0.072
FeO	5.870	5.857	0.650	4.734	6.857
MnO	0.676	0.691	0.172	0.459	0.990
CaO	29.088	29.074	0.194	28.841	29.468
MgO	17.485	17.469	0.379	17.004	18.122

23	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
CO ₂	43.914	43.830	2.452	39.148	48.405	42.992	43.830	45.216
FeO	36.054	35.030	10.114	19.758	53.704	31.456	35.030	42.360
MnO	1.029	0.819	0.686	0.481	3.679	0.705	0.819	1.148
CaO	0.424	0.231	0.460	0.017	1.414	0.074	0.231	0.562
MgO	19.092	20.219	7.785	5.629	32.373	14.628	20.219	22.017

24	Média	Mediana	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo	Q		
						25	50	75
CO ₂	42.502	42.946	1.543	40.575	45.932	40.993	42.946	43.545
FeO	41.903	40.215	5.427	30.390	48.556	38.173	40.215	47.627
MnO	1.728	1.334	1.420	0.270	4.091	0.377	1.334	3.013
CaO	0.627	0.422	0.561	0.045	2.052	0.356	0.422	0.521
MgO	13.964	16.070	5.018	7.520	24.529	9.002	16.070	17.611

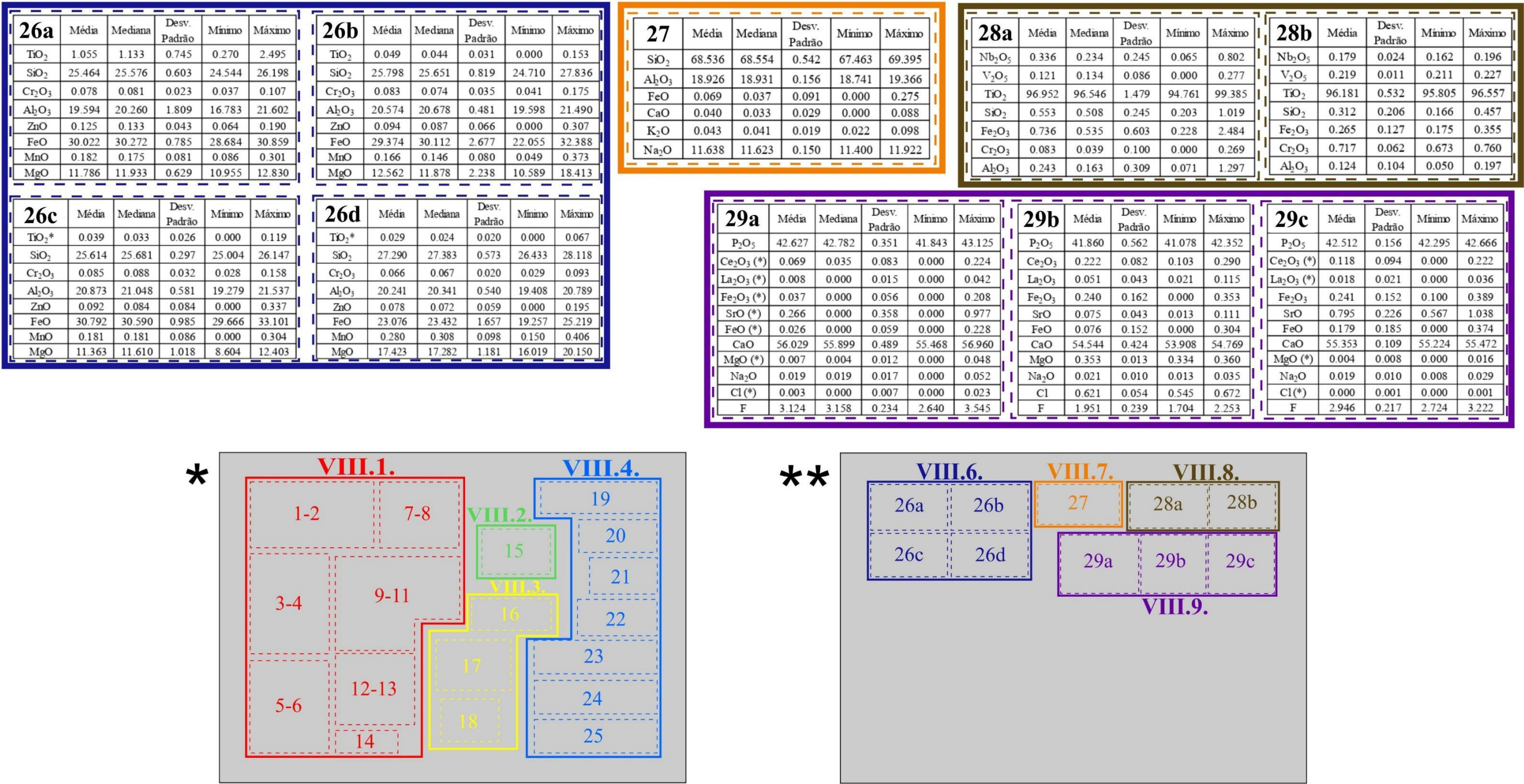


Figura VIII.1 – Compilação dos dados de química mineral para todas as fases minerais documentadas. Esta organização visa encurtar a paginação destinada ao capítulo VIII e está em concordância com a legenda esquemática apresentada na base da exposição (* - parte 1; ** - parte 2): 1 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a arsenopirite I, em wt% (n = 19); 2 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a arsenopirite II, em wt% (n = 70); 3 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a calcopirite Ia (3a) e calcopirite Ib (3b), em wt% [n = 36 e n = 3, respectivamente]; 4 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a calcopirite IIa, em wt% (n = 15); 5 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a esfalerite I, em wt% (n = 13); 6 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a esfalerite IIIa (6a) e esfalerite IIIb (6b), em wt% [n = 10 e n = 22, respectivamente]; 7 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a galena I, em wt% (n = 10); 8 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a galena II, em wt% (n = 6); 9 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite Ia, em wt% (n = 51); 10 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite Ib, em wt% (n = 26); 11 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirite III, em wt% (n = 12); 12 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a marcassite I, em wt% (n = 24); 13 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a marcassite II, em wt% (n = 9); 14 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a pirrotite, em wt% (n = 3); 15 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a Bournornite, em wt% (n = 3); 16 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para electrum, em wt% (n = 6); 17 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a tetraedrite, em wt% (n = 4); 18 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para pyrargyrite/pyrostilpnite, em wt% (n = 2); 19 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato I, em wt% (n = 33); 20 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIa, em wt% (n = 6); 21 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIb, em wt% (n = 3); 22 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIc, em wt% (n = 8); 23 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIa, em wt% (n = 20); 24 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIb (1), em wt% (n = 22); 25 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para carbonato IIIb (2), em wt% (n = 21); 26 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para clorite I (26a; n = 8), clorite II (26b; n = 31), clorite III_A (26c; n = 25) e clorite III_C (26d; n = 14) em wt%. **Notas:** (1) As análises anteriormente descartadas não foram consideradas nos cálculos. (2) Componentes marcados com (*) não apresentam valores de concentração estatisticamente representativos, isto é, a maioria das leituras para esses constituintes encontram-se abaixo dos respectivos limites de detecção; 27 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para a albite, em wt% (n = 14); 28 – Estatística descritiva dos dados de química mineral obtidos para rutilo em zonas de substituição (28a; n = 14) e na rocha ígnea (28b; n = 2), em wt%; 29 – Estatística descritiva dos dados de química mineral de agregados de flúor-apatite em (29a) Zonas de substituição [n = 15]; (29b) Rocha ígnea [n = 4]; e (29c) Carbonato tardio [n = 4]. Nota: Componentes marcados com (*) encontram-se abaixo do limite de detecção.

VIII.1. Sulfuretos

Arsenopirite ($FeAsS$)

Estando a presença de arsenopirite documentada como potencial indicador de mineralização aurífera (e tendo-se verificado tal relação para a segunda geração, **Apy II**), importa obter dados de química mineral robustos e estatisticamente representativos. Incluíram-se análises com desvios estequiométricos superiores a 2% no sentido de incrementar a representatividade dos dados, especialmente da primeira geração deste sulfureto, que se encontrava francamente subamostrada. Das 89 análises pontuais, 19 representam **Apy I**, e as restantes 70 **Apy II**. A primeira geração de arsenopirite revela Sb como elemento menor com teor mediano de 0.127 wt% e Mo como elemento traço com concentração de 0.019 wt% (Figura VII.1-1). Erraticamente detectaram-se elementos como Co, Pb, Ag, Mn e Ni, por esta ordem de relevância, os quais poderão ser medidos com métodos analíticos de maior resolução. A mediana dos valores de concentração em Co encontra-se abaixo, embora próxima, do limite de detecção (200 ppm). Relativamente à segunda geração de arsenopirite, destaca-se o Sb como elemento menor com concentração mediana de 0.091 wt% e Mo como elemento traço com teor mediano de 0.020 wt% (Figura VIII.1-2). Elementos como Co, Pb, Ni e Zn, Au, por ordem de importância, são ocasionalmente detectados. A mediana dos valores de concentração em Co encontra-se abaixo mas próxima do limite de detecção (210 ppm). As composições medianas das gerações de Apy catalogadas são as seguintes:

Apy I ($n = 19$): $Fe_{1.019} (As_{0.902}, Sb_{0.002}) S_{1.077}$

Apy II ($n = 70$): $Fe_{1.018} (As_{0.907}, Sb_{0.001}) S_{1.074}$

Estas composições medianas revelam ligeiro enriquecimento em Sb de **Apy I** relativamente a **Apy II** e que ambas apresentam baixas concentrações em As, preenchendo o elemento em questão apenas cerca de 90% das posições que lhe estão teoricamente destinadas. A segunda geração é tendencialmente mais enriquecida neste metalóide relativamente à primeira, não obstante apresentar desvio padrão igualmente mais elevado (Figuras VIII.1-1 e VIII.1-2). Projectando Fe/As vs. As/S observa-se que o agrupamento de análises correspondentes a **Apy I** é mais circunscrito e que os pontos referentes a **Apy II** apresentam dispersão significativa, sintomática do elevado desvio padrão que caracteriza a distribuição de valores de As. A tendência para empobrecimento em As da segunda geração de arsenopirite é correlativa da precipitação de pirite/marcassite como fase acessória (Figura VIII.2).

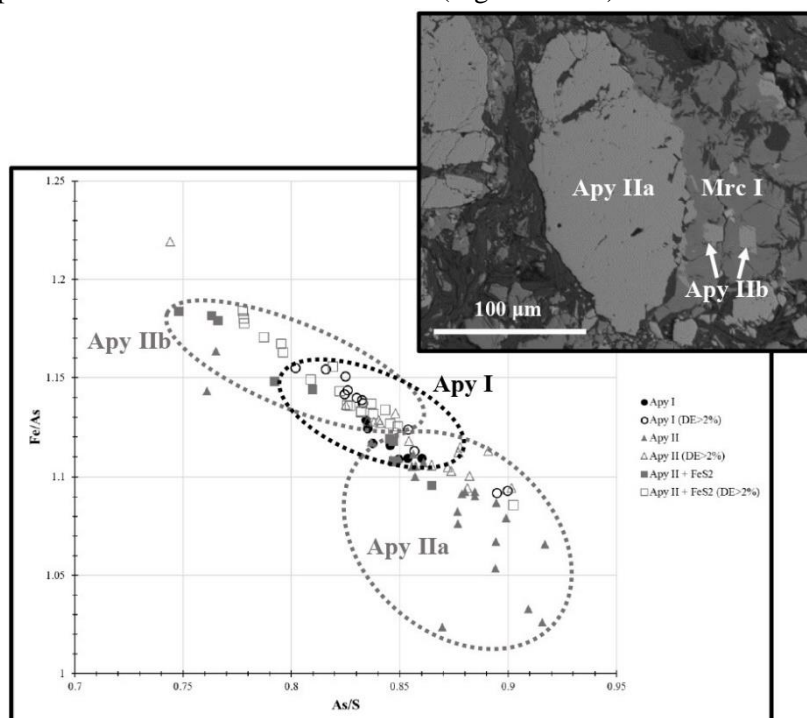


Figura VIII.2 – Razões Fe/As vs. As/S mostrando a tendência para empobrecimento progressivo em As da arsenopirite II. Esta tendência é marcada pela precipitação de pirite e/ou marcassite, tal como demonstrado pela imagem composicional. Nesta exposição, a arsenopirite mais precoce (**Apy IIa**), com teores mais elevados em As (mais clara), é subsequentemente envolvida por agregados de marcassite e arsenopirite euédrica, com formas losânicas (**Apy IIb**), mais pobre em As (mais escura).

Calcopirite (CuFeS₂)

Foi seleccionado um conjunto de 54 análises, correspondendo 39 a calcopirite I (36 de **Ccp Ia** e 3 de **Ccp Ib**) e 15 a calcopirite II (todas de **Ccp IIa**, não tendo sido possível obter análises fidedignas de **Ccp IIb**). A carência de análises pontuais, especialmente para a segunda geração, foi compensada com a inclusão de leituras com desvios estequiométricos superiores a 2%. No que diz respeito à calcopirite I, as análises pontuais de Ccp Ia e Ccp Ib foram tratadas separadamente (Figura VIII.1-3). A **Ccp Ia** apresenta concentrações medianas significativas em Mo como elemento menor de 0.068 wt%, para além de valores relativamente irregulares de vários elementos traço (como Zn, Co, Pb, Ag, Sn e Au, por esta ordem de relevância), passíveis de medição com métodos analíticos de maior resolução. Pontualmente, a **Ccp Ia** apresenta coloração castanha quando acompanhada de **Gdf I** em contexto metassedimentar (Figuras VII.4-H1 e VII.4-H2). Esta mudança cromática aparenta ser marcada por enriquecimento em Fe³². Apesar de se encontrar representada apenas por 3 análises, a composição de **Ccp Ib** tende a contrastar fortemente com a de **Ccp Ia**, apresentando teores médios bastante superiores em Ag, Pb, e metalóides, como As, mas especialmente Sb. Tais enriquecimentos são compatíveis com a presença de galena e tetraedrite, que acompanham **Ccp Ib**, pelo que não se descarta a hipótese de este sinal geoquímico ser consequência da presença de micro-inclusões das fases minerais supramencionadas na calcopirite. Relativamente à calcopirite II, mais concretamente **Ccp IIa**, verificam-se concentrações medianas em Mo (elemento menor) de 0.057 wt% e em Co (elemento traço) de 0.019% (Figura VIII.1-4); seguem-se Pb, Zn, Ag, Mn e Au, por ordem de relevância, elementos detectados ocasionalmente. A mediana dos valores de concentração em Pb encontra-se abaixo, embora próxima, do limite de detecção (570 ppm). As composições medianas [média no caso **Ccp Ib**] das gerações de Ccp são:

Ccp Ia (n = 36): Cu_{0.972} (Fe_{0.998}, Mo_{0.001}) S_{2.019}

Ccp Ib (n = 3): (Cu_{0.989}, Ag_{0.022}, Pb_{0.001}) (Fe_{0.961}, Sb_{0.011}, Mo_{0.002}, As_{0.001}) S_{2.012}

Ccp IIa (n = 15): (Cu_{0.989}, Co_{0.001}) (Fe_{0.998}, Mo_{0.001}) S_{2.008}

Esfalerite (ZnS)

Obtiveram-se 45 análises pontuais, todas com desvios inferiores a 2%. De entre essas análises, 13 correspondem à primeira geração e 32 à terceira (10 de **Sp IIIa** e 22 de **Sp IIIb**), não tendo sido possível realizar medições referentes à segunda geração por força da escassez de exemplares analisáveis. Apesar de o número de análises não ser o desejável face à quantidade de gerações documentadas, não foi possível incluir leituras com desvio estequiométrico superior a 2% pelo facto de não preencherem os requisitos enunciado na nota introdutória do presente capítulo. A esfalerite I (**Sp I**) apresenta concentrações medianas significativas em Fe (4.193 wt %) e em elementos menores como Cd e Mo de 0.430 wt% e 0.103 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-5). Adicionalmente, detectaram-se concentrações irregulares de elementos traço como Ag, Pb, Cu, Co, Sb, As, Mn e Au, por esta ordem de relevância. No que diz respeito à esfalerite III, as análises pontuais de **Sp IIIa** e **Sp IIIb** foram tratadas separadamente (Figura VIII.1-6). Ambos os conjuntos apresentam concentrações medianas significativas em Fe (superiores a 4 wt% para **Sp IIIa** e superiores a 5 wt% para **Sp IIIb**). Porém, os valores da razão Zn/Fe tendem a ser fortemente variáveis para **Sp IIIa**. Relativamente a esta última subgeração, destaca-se a presença de elementos menores como Cd e Mo (com valores medianos de concentração de 0.110 wt% e 0.088 wt%, respectivamente), e elementos traço como Co, Sb, As, Mn e Sn, por ordem de relevância, caracterizados por irregularidades na distribuição dos valores de concentração. **Sp IIIb** apresenta composição bastante semelhante a **Sp IIIa**, verificando-se, contudo,

³² Análise representativa desta variedade de Ccp Ia pode ser consultada no Anexo 6.

tendência para decréscimo substancial dos teores medianos em Sb, As e Co. Verifica-se que os teores em Cd são consistentes em todas as gerações identificadas, porém estes tendem a ser mais elevados em grãos de esfalerite espacialmente relacionados com electrum, apresentando nestes casos valores iguais ou superiores a 0.004 *a.p.f.u.*³³ As composições medianas [média no caso de **Sp I** e **Sp I (+Elect)**] para as gerações de Sp são:

Sp I (n = 5): (Zn_{0.949}, Fe_{0.036}, Cd_{0.001}, Mo_{0.001}) S_{1.011}

Sp I (+Elect) (n = 8): (Zn_{0.901}, Fe_{0.084}, Cd_{0.004}, Mo_{0.001}) S_{1.008}

Sp IIIa (n = 10): (Zn_{0.935}, Fe_{0.047}, Cd_{0.001}, Mo_{0.001}) S_{1.012}

Sp IIIb (n = 22): (Zn_{0.905}, Fe_{0.088}, Cd_{0.002}, Mo_{0.001}) S_{1.004}

Galena (PbS)

Não obstante o elevado número de grãos encontrados, a dimensão reduzida dos mesmos não possibilitou a compilação de um banco de análises quantitativas suficientemente representativo. Das 19 análises pontuais obtidas, 10 correspondem à primeira geração, 6 à segunda, e apenas 3 à terceira geração (todas referentes a **Gn IIIa**, por força de escassez de exemplares analisáveis de **Gn IIIb**). Apesar de o número de análises não ser o desejável face à quantidade de gerações documentadas, não foi possível incluir medidas com desvio estequiométrico superior a 2% pelo facto de não preencherem os requisitos enunciados na nota introdutória do presente capítulo.

Relativamente à primeira geração de galena, verifica-se que esta apresenta concentrações medianas de elementos traço como Fe, Ag, Sb, Te e Ge de 0.490 wt%, 0.102 wt%, 0.045 wt%, 0.040 wt% e 0.029 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-7); seguem-se elementos como Se, Mn e Ga, por esta ordem de relevância, que apenas ocasionalmente são detectados. A mediana dos valores de concentração em Se encontra-se abaixo, embora próxima do limite de detecção (290 ppm). O incremento e decréscimo dos teores em Sb e Fe, respectivamente, que influenciam inclusivamente as respectivas estatísticas descritivas (dado o número limitado de análises pontuais), advêm essencialmente de análises de grãos de galena cuja precipitação se associa a preenchimentos marcados pela presença de electrum³⁴. Nestas, os valores de concentrações em Sb tendem a superar os 0.002 *a.p.f.u.* e os teores em Fe não atingem a valores com expressão para além da quarta casa decimal (em *a.p.f.u.*). No que diz respeito à segunda geração de galena, observam-se concentrações medianas de elementos traço como Te e Ge em 0.051 wt% e 0.025 wt%. Seguem-se o Sb, Mn, Zn, Se, Ag, Fe e Ga, por ordem de relevância, ocasionalmente detectados (Figura VIII.1-8). A galena IIIa mostra tendência para enriquecimento em Zn e Ag relativamente às restantes. Contudo, o banco de dados é extremamente limitado para retirar ilações concretas³⁵. De modo geral, para além da mudança dos teores de Fe e Sb da galena I quando directamente relacionada com a precipitação de electrum, importa destacar que todas as gerações apresentam teores baixos, mas consistentes, em Ge e Te, e que a segunda geração se revela empobrecida em Fe relativamente às restantes. As composições médias para as gerações de Gn são as seguintes:

Gn I (n = 6): (Pb_{0.971}, Fe_{0.026}, Ag_{0.003}, Ge_{0.001}) (S_{0.995}, Te_{0.001})

Gn I (+Elect) (n = 4): (Pb_{1.000}, Ag_{0.005}, Ge_{0.001}) (S_{0.982}, Sb_{0.007})

Gn II (n = 6): (Pb_{0.996}, Ge_{0.001}) (S_{0.999}, Te_{0.001})

Gn IIIa (n = 3): (Pb_{0.968}, Fe_{0.014}, Ge_{0.001}) (S_{0.984}, Te_{0.001}, Se_{0.001})

Pirite (FeS₂)

Obtiveram-se 90 análises pontuais desta fase mineral, correspondendo 77 à primeira geração (51 de **Py Ia** e 26 de **Py Ib**), 12 à terceira geração, e apenas 1 referente à segunda fase de deposição de pirite devido à escassez de exemplares. Todas as análises seleccionadas apresentam desvio estequiométrico inferior

³³ Análise representativa de esfalerite coprecipitada com electrum pode ser consultada no Anexo 6.

³⁴ Análise representativa de galena precipitada simultaneamente com electrum pode ser consultada no Anexo 6.

³⁵ Análises de Gn IIIa podem ser consultadas no Anexo 6.

a 2%. Relativamente à pirite I, **Py Ia** e **Py Ib** serão tratadas separadamente. A **Py Ia** apresenta concentrações medianas em Mo (elemento menor) de 0.041 wt% e Co (elemento traço) de 0.019 wt% (Figura VII.1-9); seguem-se elementos como Ni, As, Pb, In, Sb e Ag, por esta ordem de importância, que ocasionalmente são detectados. O valor mediano de concentração em Ni encontra-se abaixo, embora próximo, do respectivo limite de detecção (370 ppm). No que diz respeito à **Py Ib**, verifica-se a presença de Mo como elemento menor com concentração mediana de 0.036 wt%, e de elementos traço como Ni e As de 0.071 wt% e 0.064 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-10). Erraticamente foram medidos elementos como Co, Pb, Zn, Ag, Au, Sb, Se e Sn, por esta ordem de importância. A concentração mediana de Co encontra-se abaixo, embora próxima, do limite de detecção (180 ppm). Ambas as subgerações de pirite I apresentam Mo como elemento menor e teores baixos, mas consistentes, de Ni e Co. Para a pirite II, obteve-se apenas uma análise (Anexo 6), a qual sugere diminuição dos valores de Ni e Co que caracterizam a primeira geração desta fase mineral. A pirite III evidencia Mo e Co como elementos menores com concentrações medianas de 0.046 wt% e 0.029%, respectivamente, e de Ni como elemento traço com teor mediano de 0.064 wt% (Figura VIII.1-11); seguem-se o Pb, As, Sb, Au e In, ocasionalmente detectados. As composições medianas para as gerações de Py são as seguintes:

Py Ia (n = 51): $\text{Fe}_{0.995} \text{S}_{1.999}$

Py Ib (n = 26): $\text{Fe}_{0.993}, \text{Ni}_{0.001} (\text{S}_{1.998}, \text{As}_{0.001})$

Py III (n = 12): $(\text{Fe}_{0.996}, \text{Ni}_{0.001}, \text{Co}_{0.001}) \text{S}_{1.999}$

Marcassite (FeS_2)

Obtiveram-se 33 análises pontuais desta fase mineral, correspondendo 24 à primeira geração e 9 à segunda fase de deposição. Todas as análises seleccionadas apresentam desvio estequiométrico inferior a 2%. Relativamente à marcassite I, verifica-se a presença de elementos traço como Pb, Sb, Mo e Co com concentrações medianas de 0.131 wt%, 0.118 wt%, 0.034 wt% e 0.024 wt% (Figura VIII.1-12); seguem-se elementos com menor expressão como As, In, Ag, Au, Ni e Cd, por ordem de importância, detectados erráticamente. No que diz respeito à marcassite II, salientam-se concentrações medianas em elementos menores como Ni, Co e Mo de 0.811 wt%, 0.072 wt% e 0.034 wt%, respectivamente, e teores medianos em Sn de 0.025 wt% como elemento traço (Figura VIII.1-13). Elementos como Pb, Ag, Au, Cd, Mn e Zn, por esta ordem de relevância, foram detectados esporadicamente. A consistência ao nível das concentrações em Co e Ni da **Mrc II** é compatível com a relação espacial íntima que esta fase apresenta com **Py III** (Figura VII.4-S2), igualmente caracterizada por esta assinatura geoquímica. As composições mediana (Mrc I) e média (Mrc II) para as gerações anteriormente abordadas são as seguintes:

Mrc I (n = 24): $(\text{Fe}_{0.996}, \text{Pb}_{0.001}, \text{Co}_{0.001}) (\text{S}_{1.995}, \text{Sb}_{0.001})$

Mrc II (n = 9): $(\text{Fe}_{0.960}, \text{Ni}_{0.020}, \text{Co}_{0.002}) \text{S}_{2.002}$

Pirrotite (Fe_{1-x}S)

Ocasionalmente, a pirrotite ocorre inclusa em **Apy II** (Figura VII.3-M1). Desta fase mineral apenas se obtiveram 3 análises pontuais, todas elas com desvio estequiométrico inferior a 2%. Embora o conjunto de análises seja extremamente reduzido, o Co destaca-se com concentração média de 0.028 wt% (Figura VIII.1-14). A composição média (n = 3) deste sulfureto corresponde a $\text{Fe}_{0.887} \text{S}$.

Millerite (NiS)

A única ocorrência de millerite documentada na análise petrográfica associa-se a preenchimentos tardios da geração VIIIa de quartzo. A escassez de exemplares permitiu apenas obter 2 análises pontuais referentes a esta fase mineral³⁶, as quais revelam Fe e Co como elementos menores com valores médios de concentração de 11.49 wt% e 0.64 wt%, respectivamente, seguindo-se outros como Cu, Te, Pb, As, Mo, por esta ordem de relevância. A presença de Fe e Co é comum nesta fase mineral; contudo, não se

³⁶ Análises podem ser consultadas no Anexo 6.

exclui a possibilidade de parte dos teores em Fe (mais elevados que o habitual para esta fase mineral), em conjunto com os valores de concentração em Cu, Te e Pb, reflectirem intercrescimentos com pirite, calcopirite e galena, igualmente presentes no agregado a partir do qual a millerite foi analisada.

VIII.2. Sulfossais

Gersdorffite ($NiAsS$)

Face à reduzida dimensão dos grãos desta fase mineral, apenas foi possível obter uma análise pontual quantitativa de gersdorffite³⁷, correspondente a **Gdf I**, a qual incorpora quantidades significativas de Sb. O elevado teor em Fe poderá resultar da proximidade do grão a agregados de Py. Não tendo sido possível obter análises pontuais quantitativas de Gdf II, disponibiliza-se no Anexo 6 uma análise EDS.

Ulmanite ($NiSbS$)

Obtiveram-se apenas 3 análises pontuais quantitativas de ulmanite, correspondendo duas delas a **Ulm I** e a restante a **Ulm II**³⁸. Apesar da carência de dados quantitativos, as análises referentes à primeira geração representam ulmanite associada ao evento mineralizante, e sugerem que esta fase mineral pode apresentar concentrações significativas em Se e, eventualmente, Bi e As, quando directamente associada à deposição de electrum. Elementos como Zn e Pb foram ocasionalmente detectados; no entanto, tendo em conta que estes não integram tipicamente a estequiometria deste mineral, tal poderá apenas documentar contaminação analítica resultante da proximidade dos (pequenos) grãos de ulmanite a grãos de esfalerite e galena, respectivamente. De forma equivalente, a presença de Cu na ulmanite I poderá traduzir intercrescimentos micrométricos com calcopirite Ib que ocasionalmente acompanha o sulfossal.

Bournonite ($CuPbSbS_3$)

Obtiveram-se 3 análises pontuais quantitativas referentes a bournonite. Verificam-se concentrações médias em Zn, Fe, Se e Ga de 0.611 wt%, 0.045 wt%, 0.044 wt% e 0.025 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-15); seguem-se elementos como Ag e Ge, ocasionalmente com medidas acima dos respectivos limites de detecção (350 ppm e 170 ppm). Parte dos valores de concentração em Zn e Fe medidos podem resultar de intercrescimentos micrométricos com esfalerite. A composição média desta fase mineral é a seguinte ($n = 3$): $Cu_{1.025}(Pb_{0.986}, Zn_{0.045}, Fe_{0.004}, Ga_{0.002})Sb_{0.972}(S_{2.961}, Se_{0.003})$.

VIII.3. Fases portadoras de Au e Ag

Electrum (Au, Ag)

A análise de grãos de electrum teve como objectivo avaliar as proporções elementares relativas que caracterizam a liga metálica. Obtiveram-se 6 análises pontuais, todas elas com desvio estequiométrico inferior a 2%. Para além de Au e Ag, são igualmente detectados outros elementos como Bi, S e Te com teores medianos de 0.388 wt%, 0.250 wt% e 0.148 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-16). Ocasionalmente, elementos como Fe, Zn, Co e Sb apresentam valores de concentração acima dos respectivos limites de detecção (280, 1050, 290 e 430 ppm). A composição média de electrum é a seguinte ($n = 6$): $Au_{0.430}, Ag_{0.550}, S_{0.015}, Bi_{0.003}, Te_{0.002}$. Verifica-se proporção entre Au e Ag próxima de 9:11, apresentando Au concentração média (*a.p.f.u.*) de 43% e Ag de 55%, aproximadamente.

Tetraedrite – Freibergite ($Cu^+_6Cu^+_4(Fe^{2+}, Zn)_2Sb_4S_{12}S - (Ag^+, Cu^+, \square)_{10}Fe^{2+}_2Sb_4S_{12}\square$)

Obtiveram-se 6 análises pontuais quantitativas de grãos documentados como tetraedrite durante a análise petrográfica. Efectivamente, o forte enriquecimento em Ag colocado em evidência por 4 dessas análises implica que a composição desta fase mineral seja descrita pela solução sólida tetraedrite – freibergite³⁹. As duas outras análises registam enriquecimento em Ag mais acentuado e acentuada diminuição das concentrações em Cu e Fe, verificando-se a proporção Ag:Sb:S de 3:1:3. Por conseguinte, os espécimes a que correspondem tais análises tendem a aproximar-se de composições

³⁷ Análise disponível no Anexo 6.

³⁸ Análises disponíveis no Anexo 6.

³⁹ Análises representativas disponíveis no Anexo 6.

idênticas a pyrargyrite/pyrostitilpnite (Ag_3SbS_3)⁴⁰. Relativamente aos exemplares da série tetraedrite – freibergite, verificam-se concentrações médias em Mo (elemento menor) de 0.047 wt% e em Pb (elemento traço) de 0.068 wt% (Figura VIII.1-17). Ocasionalmente, Co foi detectado. A composição média desta fase mineral é a seguinte ($n = 4$): ($\text{Ag}_{5.193}, \text{Cu}_{5.002}$)($\text{Fe}_{1.735}, \text{Zn}_{0.368}, \text{Mo}_{0.009}, \text{Pb}_{0.006}$) $\text{Sb}_{4.051}\text{S}_{12}\text{S}_{0.623}$. Os grãos com composição compatível com pyrargyrite/pyrostitilpnite, apresentam concentrações médias de Cu, Fe, Mo e Mn de 0.623 wt%, 0.293 wt%, 0.062 wt% e 0.036 wt% (Figura VIII.1-18). A composição média desta fase mineral é a seguinte ($n = 2$): ($\text{Ag}_{3.065}, \text{Cu}_{0.054}$)($\text{Fe}_{0.029}, \text{Mo}_{0.004}, \text{Mn}_{0.004}$) $\text{Sb}_{0.997}\text{S}_{3.094}$.

Sulfuretos de Ag (Ag_xS_y)

Não obstante as diversas tentativas realizadas para analisar quantitativamente esta fase mineral, a reduzida dimensão dos grãos encontrados impediu tal exercício⁴¹. As análises pontuais com melhores valores de fecho (cerca de 80%) revelam que Ag e S são elementos predominantes e que a proporção Ag:S tende sistematicamente a aproximar-se de 2:1. Nessa situação, a fase mineral em questão poderá, eventualmente, corresponder a acantite.

VIII.4. Carbonatos

A análise petrográfica permitiu distinguir 3 fases principais de deposição de carbonato. Realizaram-se análises pontuais quantitativas referentes a cada estágio deposicional e respectivas subgerações, perfazendo um total de 110 medições, todas elas com desvios estequiométricos inferiores a 2%. Dessas, 33 correspondem a carbonato I, 14 a carbonato II (6 de **Cb IIa** e 8 de **Cb IIc**) e 63 a carbonato III (20 de **Cb IIIa** e 43 de **Cb IIIb**). No caso de **Cb IIIb** foi necessário recorrer a análises com desvio superior a 2% ($n = 3$) no sentido de documentar a composição média desta fase de deposição. Relativamente ao **Cb I**, verifica-se a presença de constituintes menores como MnO e CaO com concentrações medianas de 1.436 wt% e 0.482 wt% (Figura VIII.1-19). Esporadicamente, Ce_2O_3 , ZnO, La_2O_3 , SrO e BaO, por esta ordem de relevância, foram também detectados. Adicionalmente, registaram-se teores apreciáveis em TiO_2 (valor médio de 1.263 wt%; $n = 2$) em agregados de **Cb I** associados a processos de substituição de rocha encaixante (**Cb Ib**); contudo, atendendo ao raio iónico e valência do Ti, este sinal poderá apenas resultar de micro-inclusões de óxidos de titânio, frequentemente abundantes em domínios substituídos. A composição mediana ($n = 33$) de **Cb I** é a seguinte: ($\text{Fe}_{0.727}, \text{Mg}_{0.241}, \text{Mn}_{0.022}, \text{Ca}_{0.009}$) CO_3 . A componente siderítica prepondera relativamente à magnésítica.

Quanto ao carbonato II, as subgerações a,b e c foram tratadas separadamente. O **Cb IIa** apresenta componentes menores como MnO e CaO com concentrações medianas de 1.175 wt% e 0.197 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-20). Seguem-se constituintes como SrO e ZnO, por ordem de importância, que ocasionalmente são medidos. A composição média ($n = 6$) de **Cb IIa** é a seguinte: ($\text{Mg}_{0.587}, \text{Fe}_{0.395}, \text{Mn}_{0.016}, \text{Ca}_{0.003}$) CO_3 . Neste caso, a componente magnésítica predomina relativamente à siderítica.

O **Cb IIIb** caracteriza-se, possivelmente, pela presença de MnO como componente menor e SrO como constituinte traço, apresentando concentrações médias de 0.420 wt% e 0.110 wt%, respectivamente. (Figura VIII.1-21). A composição média ($n = 3$) de **Cb IIIb** é a seguinte: $\text{Ca}_{0.978}$ ($\text{Mg}_{0.898}, \text{Fe}_{0.097}, \text{Mn}_{0.018}, \text{Sr}_{0.002}$) (CO_3)_{2.006}. A componente dolomítica é largamente dominante.

O **Cb IIc** apresenta concentrações medianas em MnO (constituinte menor) e SrO (constituinte traço) de 0.691 wt% e 0.031 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-22). Ocasionalmente, componentes como La_2O_3 , ZnO e Ce_2O_3 , por ordem de importância, são detectados. A composição média ($n = 8$) de **Cb IIc** é a seguinte: $\text{Ca}_{0.993}$ ($\text{Mg}_{0.831}, \text{Fe}_{0.157}, \text{Mn}_{0.018}, \text{Sr}_{0.001}$) (CO_3)₂. A predominância da componente dolomítica é correlativo do o empobrecimento em Fe anteriormente verificado para galena II.

⁴⁰ Ambas as análises se encontram disponíveis no Anexo 6.

⁴¹ Análise de EDS de sulfureto de Ag encontra-se disponível no Anexo X.

No que diz respeito à 3ª geração de carbonato, as subgerações (a e b) serão também tratadas separadamente. O **Cb IIIa** revela concentrações medianas em constituintes menores como MnO e CaO de 0.819 wt% e 0.231 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-23). Ocasionalmente, obtiveram-se valores de concentração para componentes como Ce₂O₃, ZnO, SrO e La₂O₃, por esta ordem de relevância. A composição mediana ($n = 20$) de **Cb IIIa** é a seguinte: (Mg_{0.502}, Fe_{0.483}, Mn_{0.011}, Ca_{0.004}) CO₃. Verifica-se que a componente magnésítica predomina relativamente à siderítica. O **Cb IIIb** apresenta zonamento composicional reconhecível opticamente pela progressiva diminuição de relevo, e em imagem de electrões retrodifundidos pelo gradual decréscimo de brilho. A precipitação desta subgeração de carbonato começa por apresentar teores medianos de 40.215 wt% de FeO e 16.070 wt% de MgO, e concentrações em constituintes menores como MnO e CaO de 1.334 wt% e 0.422 wt%, respectivamente [**Cb IIIb (1)**; Figura VIII.1-24]; seguem-se ZnO, Ce₂O₃, SrO, La₂O₃, BaO e TiO₂, por ordem de significância, que ocasionalmente são medidos. Posteriormente, verifica-se tendência para empobrecimento progressivo em FeO (teor mediano de 31.074 wt%), compensado pelo incremento do teor em MgO (teor mediano de 23.147 wt%). Neste estágio evolutivo, o carbonato tende a exibir concentrações em MnO e CaO de 0.781 wt% e 0.260 wt%, respectivamente [**Cb IIIb (2)**; Figura VIII.1-25]; seguem-se BaO, Ce₂O₃, ZnO, La₂O₃ e SrO, por esta ordem de relevância que, esporadicamente, são detectados. Assim, a precipitação de **Cb IIIb** inicia-se com composição mediana (1) e evolui no sentido da composição mediana (2), registando aumento da componente magnésítica relativamente à siderítica.

(1) [$n = 22$]: (Fe_{0.571}, Mg_{0.405}, Mn_{0.019}, Ca_{0.008}) CO₃

(2) [$n = 21$]: (Mg_{0.557}, Fe_{0.425}, Mn_{0.010}, Ca_{0.005}) CO₃

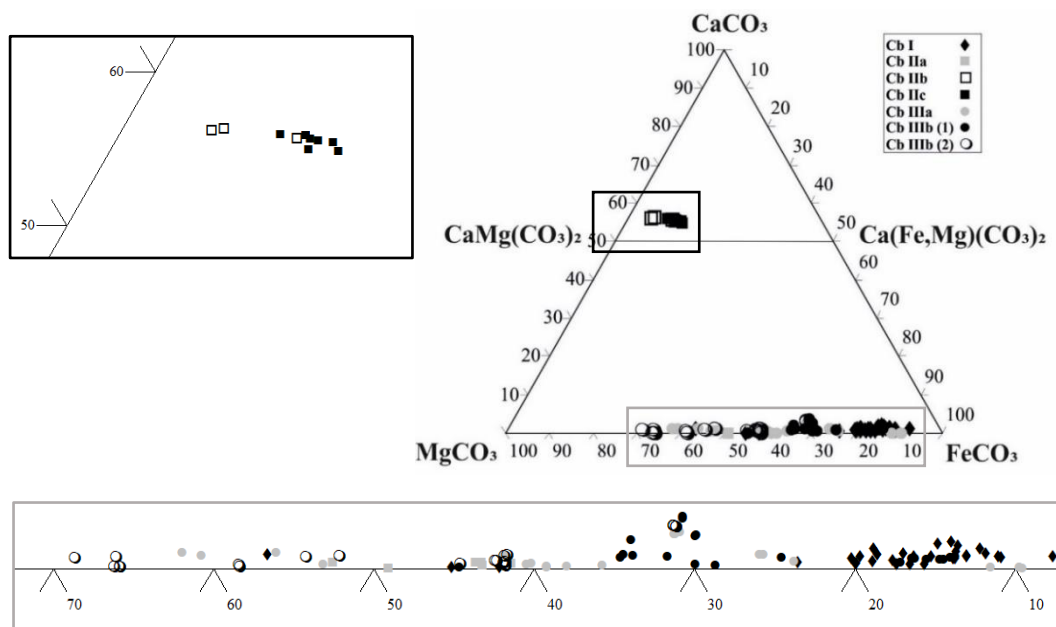


Figura VIII.3 – Diagrama triangular com os três componentes principais das gerações de carbonato descritas: Siderítica (FeCO₃), Magnésítica (MgCO₃) e Dolomítica (CaCO₃).

Concluindo, **Cb I** é classificado como siderite magnésiana; **Cb IIa** e **Cb IIIa** são classificados como magnesite ferrífera; **Cb IIb** e **Cb IIc** correspondem ambos a dolomite, apresentando o segundo desvio anquerítico significativo; e **Cb IIIb** precipita inicialmente como siderite magnésiana e termina como magnesite ferrífera (Figura VIII.3).

VIII.5. Filossilicatos

Obtiveram-se 57 análises pontuais quantitativas das diferentes gerações de mica identificadas durante a análise petrográfica, das quais 6 correspondem à primeira geração, 28 à segunda, 3 à terceira e 20 à quarta (9 de Ms IVa e 11 de Ms IVb). Adicionalmente, obtiveram-se 5 análises pontuais da mica que

integra a associação mineralógica secundária resultante da alteração da rocha ígnea. As diferentes gerações de mica apresentam as composições médias ($n < 10$) e medianas ($n \geq 10$) seguintes:

Ms I ($n = 6$): (K_{0.716},Na_{0.012},Ca_{0.006},Ba_{0.003}) (Al_{1.756},Mg_{0.203},Fe²⁺_{0.054},Fe³⁺_{0.033},Ti⁴⁺_{0.012},Cr³⁺_{0.004}) (Al_{0.687},Si_{3.313}) O₁₀ (OH_{1.978},F_{0.022});

Ms II ($n = 28$): (K_{0.735},Na_{0.014},Ca_{0.004},Ba_{0.004}) (Al_{1.777},Mg_{0.176},Fe³⁺_{0.066},Fe²⁺_{0.018},Ti⁴⁺_{0.014},Cr³⁺_{0.004}) (Al_{0.740},Si_{3.260}) O₁₀ (OH_{1.980},F_{0.019});

[Ms II zonas de substituição ($n = 14$): (K_{0.774},Na_{0.016},Ba_{0.005},Ca_{0.002}) (Al_{1.724},Mg_{0.155},Fe³⁺_{0.073},Fe²⁺_{0.025},Ti⁴⁺_{0.022},Cr³⁺_{0.004}) (Al_{0.733},Si_{3.267}) O₁₀ (OH_{1.976},F_{0.023})]

Ms III ($n = 3$): (K_{0.814},Na_{0.018},Ba_{0.005},Ca_{0.001}) (Al_{1.726},Mg_{0.141},Fe³⁺_{0.086},Fe²⁺_{0.056},Ti⁴⁺_{0.022},Cr³⁺_{0.003}) (Al_{0.774},Si_{3.226}) O₁₀ (OH_{1.973},F_{0.023});

Ms IVa ($n = 9$): (K_{0.738},Na_{0.036},Ca_{0.007},Ba_{0.004}) (Al_{1.811},Mg_{0.145},Fe²⁺_{0.047},Fe³⁺_{0.033},Ti⁴⁺_{0.009},Cr³⁺_{0.004}) (Al_{0.762},Si_{3.238}) O₁₀ (OH_{1.979},F_{0.020});

Ms IVb ($n = 11$): (K_{0.693},Na_{0.041},Ca_{0.010},Ba_{0.001}) (Al_{1.931},Mg_{0.068},Fe²⁺_{0.026},Cr³⁺_{0.003}) (Al_{0.787},Si_{3.213}) O₁₀ (OH_{1.992},F_{0.007});

Ms (Rocha ígnea): (K_{0.565},Na_{0.009},Ba_{0.005},Ca_{0.004}) (Al_{1.809},Mg_{0.204},Fe²⁺_{0.034},Cr³⁺_{0.025},Ti⁴⁺_{0.015},Fe³⁺_{0.011}) (Al_{0.762},Si_{3.238}) O₁₀ (OH_{1.981},F_{0.018});

As composições médias e medianas das micas analisadas são bastante semelhantes entre si e compatíveis com o espectro de composições que habitualmente tipificam filossilicatos do grupo da ilite, podendo as duas primeiras gerações resultar da alteração de moscovites pré-existentes. Relativamente à composição moscovítica ideal, regista-se aumento de Si na posição tetraédrica, incorporação significativa de catiões divalentes na posição octaédrica e preenchimento incompleto da posição dodecaédrica. Estes desvios composicionais são explicados pelos vectores de substituição principais seguintes (Figura VIII.4):

Tschermak: (Si⁴⁺)^{iv} + (R²⁺)^{vi} = (Al³⁺)^{iv} + (Al³⁺)^{vi}

Pirofilitico: (R⁺)^{xii} + (Al³⁺)^{iv} = □^{xii} + (Si⁴⁺)^{iv}

Di-trioctaédrico: 3(R²⁺)^{vi} = 2(Al³⁺)^{vi} + □^{vi}

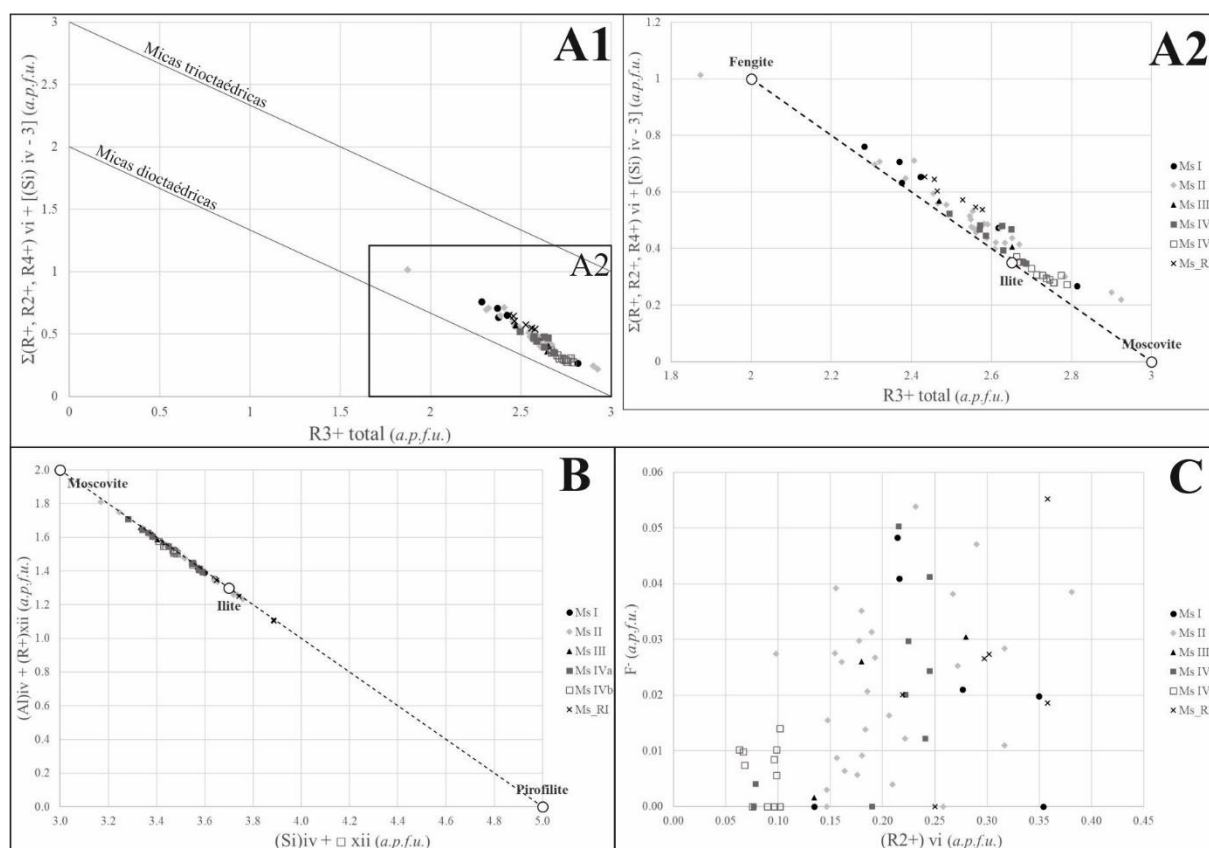


Figura VIII.4: **A** – Carácter dioctaédrico das micas potássicas analisadas, não obstante ligeiro desvio no sentido trioctaédrico (**A1**). A projecção **A2** ilustra o efeito do vector de substituição Tschermark; **B** – Projecção $(Al)^{iv} + (R^+)^{xii}$ vs. $(Si)^{iv} + \square^{xii}$ documentando o efeito do vector de substituição pirofilitico; **C** – Projecção F vs. $(R^{2+})^{vi}$ procurando investigar uma possível relação entre a incorporação de catiões divalentes e o flúor (potencial marcador de alguns componentes do fluido hidrotermal). **Nota:** RI = Rocha ígnea.

No gráfico A2 constata-se desvios fengíticos, aparentemente, por força das substituições Tschermark. O ponto de **Ms II** que se destaca à esquerda do mesmo gráfico apresenta teores elevados em Ti e resulta de processos de substituição de porções de encaixante. A projecção do vector pirofilitico (Figura VIII.4-B) ilustra o afastamento da composição ideal de moscovite no sentido da componente íltica e explica na totalidade a variância composicional dos agregados de mica. A projecção F vs R^{2+} visa investigar a relação entre a incorporação de catiões divalentes e flúor, sendo este último um potencial marcador de alguns componentes do fluido hidrotermal. Depreende-se fraca correlação entre ambas as variáveis, excepto talvez para a última subgeração (**Ms IVb**) cujos pontos tendem a manter-se agrupados.

VIII.6. Clorites

Obtiveram-se 83 análises pontuais quantitativas de clorite, correspondendo 9 à primeira, 32 à segunda, 41 à terceira geração⁴², para além de 1 análise referente a agregados de clorite constituintes da rocha ígnea, frequentemente em interestratificados com mica. De modo a testar a qualidade das análises realizaram-se diferentes projecções (Figura VIII.5-A, B e C), considerando os vectores de substituição:

1. $(Fe^{2+})^{vi} = (Mg^{2+})^{vi}$
2. $(Si^{4+})^{iv} + (Mg, Fe^{2+})^{vi} = (Al^{3+})^{iv} + (Al^{3+})^{vi}$ (substituição Tschermark)
3. $(Mg, Fe^{2+})^{vi} = 2(Al^{3+})^{vi} + \square^{vi}$ (substituição di-trioctaédrica)

Com base nas análises pontuais cuja qualidade se comprovou pelos testes anteriores, elaboraram-se quadros de estatística descritiva dos constituintes das diferentes gerações identificadas (Figura VIII.1-26). As gerações de Chl identificadas revelam as composições médias ($n < 10$) e medianas ($n \geq 10$) seguintes:

Chl I ($n = 8$): $(Fe^{2+}_{2.669}, Mg_{1.889}, Al_{1.217}, Ti^{4+}_{0.085}, Mn^{2+}_{0.017}, Zn_{0.010}, Cr^{3+}_{0.007})(Al_{1.263}, Si_{2.737})O_{10}(OH_{7.991}, F_{0.009})$;

Chl II ($n = 31$): $(Fe^{2+}_{2.691}, Mg_{1.894}, Al_{1.328}, Mn^{2+}_{0.013}, Zn_{0.007}, Cr^{3+}_{0.006}, Ti^{4+}_{0.004})(Al_{1.258}, Si_{2.742})O_{10}(OH)_8$;

Chl III_A ($n = 25$): $(Fe^{2+}_{2.727}, Mg_{1.843}, Al_{1.366}, Mn^{2+}_{0.016}, Zn_{0.007}, Cr^{3+}_{0.007}, Ti^{4+}_{0.003})(Al_{1.269}, Si_{2.731})O_{10}(OH)_8$;

Chl III_C ($n = 12$): $(Mg_{2.663}, Fe^{2+}_{2.016}, Al_{1.275}, Mn^{2+}_{0.027}, Zn_{0.005}, Cr^{3+}_{0.005}, Ti^{4+}_{0.002})(Al_{1.194}, Si_{2.806})O_{10}(OH_{7.977}, F_{0.023})$;

As duas primeiras gerações de clorite apresentam predominância da componente chamosítica. A diferente cor de interferência entre os dois conjuntos que integram a terceira geração de clorite expressa variações composicionais: a **Chl III_A** revela componente chamosítica dominante, e a **Chl III_C** apresenta componente clinoclórica dominante. A precipitação de ambas, apesar de pertencerem ao mesmo evento, é ligeiramente diacrónica, verificando-se primeiramente a deposição de leques de clorite com cor de interferência castanha (**Chl III_C**) e a subsequente precipitação de clorite vermicular com cor de interferência azul (**Chl III_A**), acompanhada de Py III e Mrc II, na periferia dos mesmos. Relativamente a constituintes de menores, observam-se concentrações significativamente mais elevadas em TiO_2 nos agregados de **Chl I** que, por sua vez, se associam a eventos de substituição de porções de material encaixante de natureza pelítica (fenómeno acompanhado a deposição de quantidades significativas de sulfuretos aquando do evento mineralizante). Apesar do descarte anteriormente mencionado, importa referir que a única análise quantitativa obtida de clorite na rocha ígnea alterada exhibe quantidade significativa de Fe^{3+} , distinguindo-se das restantes que apenas contêm ferro ferroso⁴³.

⁴² Clorites pertencentes à terceira geração foram subdivididas em função da sua cor de interferência anómala azul (**Chl III_A**) ou anómala castanha (**Chl III_C**).

⁴³ Análise disponível no Anexo 6.

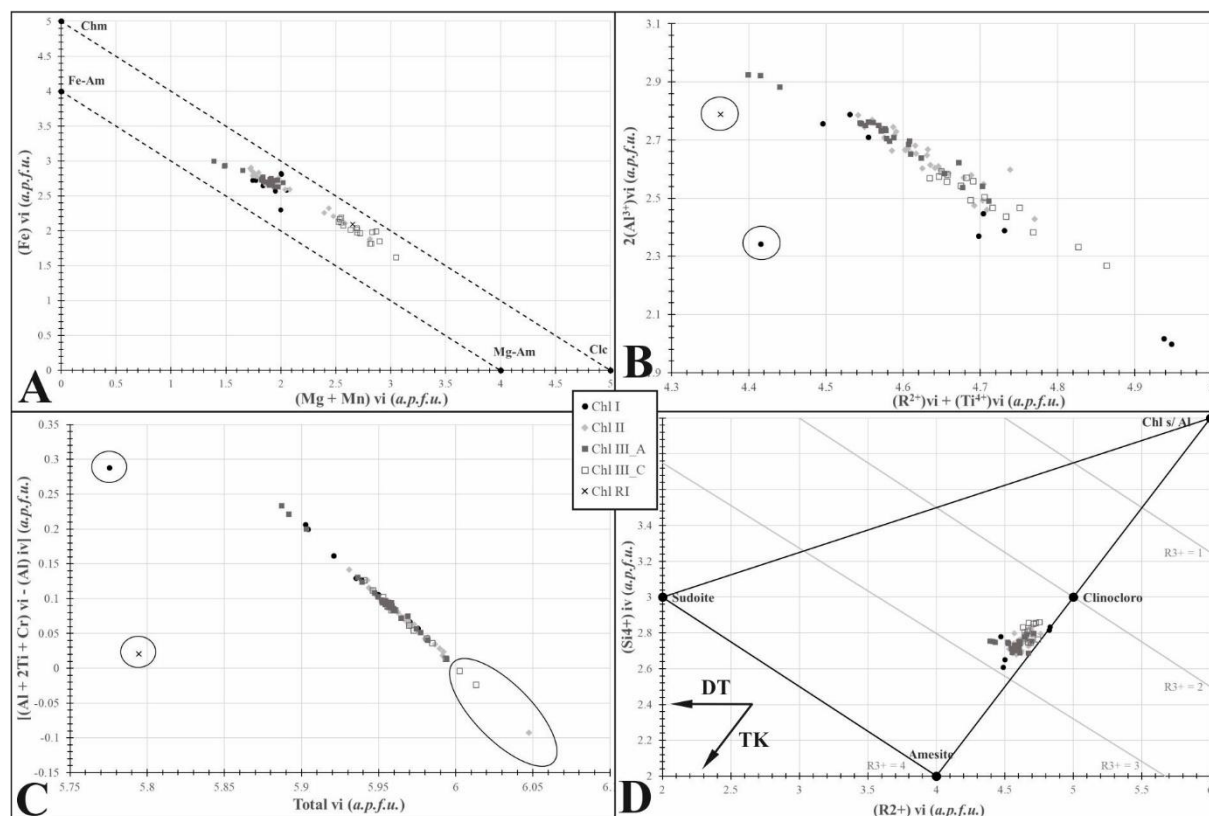


Figura VIII.5: **A** – Projecção $(Fe)^{vi}$ vs. $(Mg + Mn)^{vi}$ que coloca as 3 gerações de clorite entre a solução sólida chamosite/clinocloro – amesite, verificando-se predominância da componente chamosítica/clinoclórica; **B** – Projecção $2(Al^{3+})^{vi} = (R^{2+})^{vi} + (Ti^{4+})^{vi}$ de modo a investigar a importância das substituições di-trioctaédricas (DT). A introdução de Ti^{4+} no vector de substituição atende às concentrações significativas deste metal na Chl I. O vector projectado resulta da adição ao vector di-trioctaédrico inicialmente apresentado $[3(R^{2+})^{vi} = 2(Al^{3+})^{vi} + \square^{vi}]$, o vector: $3(Ti^{4+})^{vi} + \square^{vi} = 4(Al^{3+})^{vi}$; **C** – Projecção do balanço de cargas envolvido em substituições Tschermak (TK); **D** – Projecção de silício na posição tetraédrica versus catiões divalentes na posição octaédrica, procurando comparar a importância relativa os vectores de substituição anteriormente mencionados. Verifica-se que TK prepondera relativamente a DT. **Notas:** (1) Pontos assinalados com círculos desviam-se consideravelmente das tendências verificadas em cada projecção, razão pela qual correspondem a análises descartadas, não projectadas no gráfico D; (2) **RI** = Rocha ígnea, **Chl III_A** = clorite III com cor de interferência anómala azul, **Chl III_C** = clorite III com cor de interferência anómala castanha.

VIII.7. Feldspato

Durante a análise petrográfica identificou-se a presença de feldspato associada à geração VIIla de quartzo. Com o intuito de determinar o tipo de feldspato, foram adquiridas 14 análises pontuais desta fase mineral. Com base nelas, conclui-se que o feldspato se posiciona no extremo albítico da solução sólida Ab-An, apresentando K_2O como constituinte menor com teor mediano de 0.041 wt%, e componentes traço como FeO e CaO com teores medianos de 0.037 wt% e 0.033 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-27). Por vezes, foram detectados componentes como SrO , BaO , Fe_2O_3 , por ordem de relevância. A albite apresenta a composição mediana ($n = 14$): $(Na_{0.991}, K_{0.002}, Ca_{0.002}) (Al_{0.997}Si_{3.014}O_8)$.

VIII.8. Óxidos

Rútilo (TiO_2)

O conjunto de 16 análises obtido (todas com desvios estequiométricos inferiores a 2%) revela que, em domínios de substituição de encaixante, as fases de óxido de titânio (possivelmente rútilo) apresentam concentrações medianas em componentes menores como Fe_2O_3 , SiO_2 , Nb_2O_5 e Al_2O_3 de 0.535 wt%, 0.508 wt%, 0.234 wt% e 0.163 wt%, respectivamente, e em constituintes traço como V_2O_5 e Cr_2O_3 de 0.134 wt% e 0.039 wt%, respectivamente (Figura VIII.1-28). Relativamente aos dois últimos óxidos, ambos apresentam teores baixos, mas consistentes, no entanto, observa-se incremento significativo dos

valores de concentração em Cr_2O_3 em agregados de rútilo desenvolvidos no seio da rocha ígnea⁴⁴. Estes agregados encontram-se intercrescidos com pirite e rodeados por agregados neoformados de mica potássica. Ocasionalmente, constituintes como WO_3 , Ta_2O_5 , ZrO_2 , PbO_2 , Co_2O_3 , FeO e Sb_2O_5 , por esta ordem de relevância, foram detectados. As composições mediana e média de rútilo associado a zonas de substituição e à rocha ígnea, respectivamente, são as seguintes:

Zonas de substituição ($n = 14$): $(\text{Ti}^{4+}_{0.977}, \text{Si}^{4+}_{0.007}, \text{Fe}^{3+}_{0.005}, \text{Al}^{3+}_{0.003}, \text{Nb}^{5+}_{0.001}, \text{V}^{5+}_{0.001}) \text{O}_2$;

Rocha ígnea ($n = 2$): $(\text{Ti}^{4+}_{0.982}, \text{Cr}^{3+}_{0.008}, \text{Si}^{4+}_{0.004}, \text{Fe}^{3+}_{0.003}, \text{Al}^{3+}_{0.002}, \text{V}^{5+}_{0.002}, \text{Nb}^{5+}_{0.001}) \text{O}_2$;

Os teores significativos em cátions tri e pentavalentes suscitam a necessidade de invocar vectores de substituição baseados em balanços de massa e carga, como sejam:

1. $\text{Ti}^{4+} = \text{Si}^{4+}$
2. $3\text{Ti}^{4+} + \square = 4(\text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Al}^{3+})$
3. $5\text{Ti}^{4+} = 4(\text{Nb}^{5+}, \text{V}^{5+}) + \square$
4. $6\text{Ti}^{4+} = 4\text{W}^{6+} + 2\square$

Daqui resulta o vector geral ilustrado pela projecção patente na Figura VIII.6: $\text{Ti}^{4+} + 14(\text{Ti}^{4+}, \text{Si}^{4+}) = 4(\text{W}^{6+}) + 4(\text{Nb}^{5+}, \text{V}^{5+}) + \text{Si}^{4+} + 4(\text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Al}^{3+}) + 2\square$

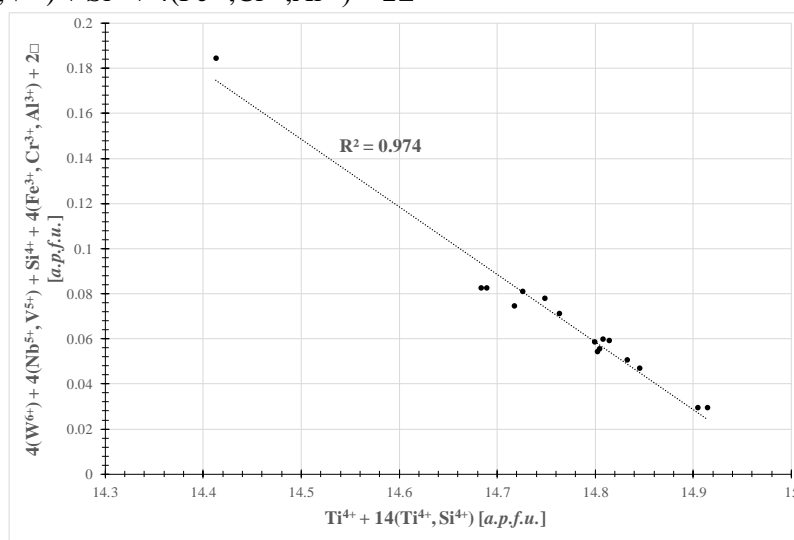


Figura VIII.6 – Projecção do vector de substituição geral anteriormente apresentado.

VIII.9. Fosfatos

Flúor-apatite $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$

As várias ocorrências de apatite identificadas permitiram obter 23 análises pontuais, todas elas com desvios estequiométricos inferiores a 2%. Contudo, persiste incerteza quanto ao carácter pré-existente ou neoformado de certos agregados. Uns ocorrem em zonas de substituição da rocha encaixante, exibindo bordos tendencialmente corroídos, com contornos irregulares, que se distribuem de forma errática, podendo, portanto, representar grãos pré-existentes. Por outro lado, os contornos tendencialmente regulares dos grãos de apatite desenvolvidos aquando do processo de carbonatação da rocha ígnea (admitido como contemporâneo da substituição pontual de porções de rocha encaixante) sugerem neoformação. Finalmente, as ocorrências de flúor-apatite envolvida por carbonato tardio (**Cb IIIb**) são interpretadas como neoformação, associada a processos hidrotermais. Por força da incerteza anteriormente descrita, as análises de flúor-apatite foram tratadas separadamente em função do contexto em que se inserem: (1) Zonas de substituição; (2) Rocha ígnea; (3) Carbonato tardio (Figura VIII.1-29). As concentrações em FeO e/ou Fe_2O_3 são significativamente mais elevadas nas apatites associadas a carbonato tardio (**Cb IIIb**, igualmente enriquecidos em Fe) em comparação com as apatites observadas

⁴⁴ Análise representativa disponível no Anexo 6.

em zonas de substituição de rocha encaixante. Este incremento é também registado pelas apatites constituintes da associação mineral secundária resultante da alteração da rocha ígnea (presumivelmente neoformadas). Adicionalmente observam-se concentrações em MgO e Cl mais elevadas em apatites da rocha ígnea alterada. Verificam-se ainda concentrações elevadas em SrO (valor médio de 0.795 wt%; $n = 4$) e consistentes em apatites tardias co-precipitadas com **Cb IIIb**. As composições medianas ($n \geq 10$) e médias ($n < 10$) das diferentes flúor-apatites são as seguintes:

Zonas de substituição ($n = 15$): $(\text{Ca}^{2+}_{4.978}, \text{Na}^{+}_{0.003}) \text{P}_{2.993}\text{O}_{12} (\text{F}_{0.834}, \text{OH}_{0.166})$;

Rocha ígnea ($n = 4$): $(\text{Ca}^{2+}_{4.930}, \text{Mg}^{2+}_{0.044}, \text{Ce}^{3+}_{0.007}, \text{Fe}^{3+}_{0.015}, \text{Fe}^{2+}_{0.005}, \text{Sr}^{2+}_{0.004}, \text{Na}^{+}_{0.003}, \text{La}^{3+}_{0.002}) \text{P}_{2.989}\text{O}_{12} (\text{F}_{0.521}, \text{OH}_{0.390}, \text{Cl}_{0.089})$;

Carbonato tardio ($n = 4$): $(\text{Ca}^{2+}_{4.933}, \text{Sr}^{2+}_{0.038}, \text{Fe}^{3+}_{0.015}, \text{Fe}^{2+}_{0.012}, \text{Na}^{+}_{0.003}) \text{P}_{2.994}\text{O}_{12} (\text{F}_{0.775}, \text{OH}_{0.225})$;

A variação composicional é justificada pelos vectores de substituição: (1) $\text{Ca}^{2+} = (\text{Sr}^{2+}, \text{Fe}^{2+})$; e (2) $3\text{Ca}^{2+} = 2\text{R}^{3+} + \square$, resultando no vector geral ilustrado na Figura VIII.7: $(\text{Ca}^{2+}) = 2(\text{R}^{3+}) + (\text{Sr}^{2+}, \text{Fe}^{2+}) + \square$.

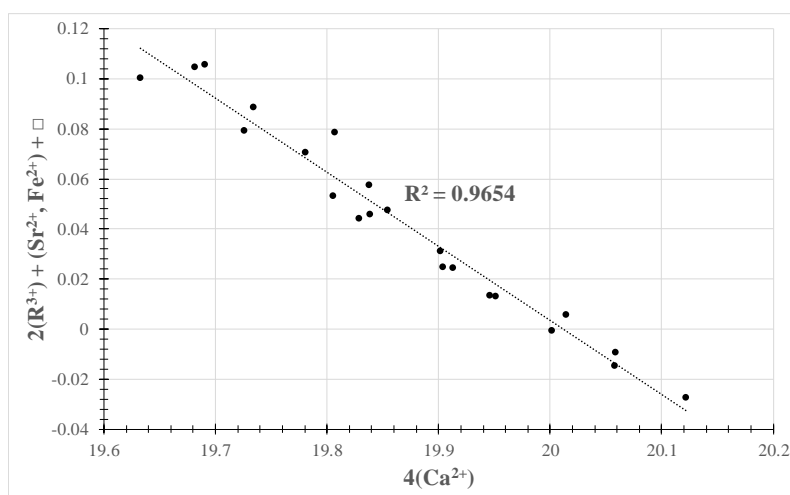


Figura VIII.7 – Projecção do vector de substituição geral anteriormente apresentado.

Monazite $[(\text{Ce}, \text{La})(\text{PO}_4)_3]$

Pequenos grãos de monazite foram identificados em contextos distintos: (1) substituição de rocha encaixante; e (2) inclusos em agregados de carbonato tardio (**Cb IIIb**). Obtiveram-se apenas 5 análises pontuais quantitativas, 3 delas documentado o contexto (1) e as 2 restantes o contexto (2). Persistem incertezas acerca do carácter pré-existente ou neoformado destes grãos em zonas de substituição. As análises representativas estão disponíveis no Anexo 6. As composições médias obtidas são as seguintes:

Zonas de substituição ($n = 3$): $(\text{Ce}^{3+}_{0.337}, \text{Si}^{4+}_{0.233}, \text{La}^{3+}_{0.181}, \text{Nd}^{3+}_{0.154}, \text{Al}^{3+}_{0.141}, \text{Sm}^{3+}_{0.062}, \text{Pr}^{3+}_{0.044}, \text{K}^{+}_{0.032}, \text{Ca}^{2+}_{0.016}, \text{Th}^{4+}_{0.010}, \text{Mg}^{2+}_{0.010}, \text{Gd}^{3+}_{0.010}, \text{Na}^{+}_{0.01}, \text{Fe}^{2+}_{0.009}, \text{Y}^{3+}_{0.005}, \text{Ho}^{3+}_{0.003}, \text{Eu}^{3+}_{0.002}, \text{Tm}^{3+}_{0.002}, \text{Sr}^{2+}_{0.002}) \text{P}_{0.808}\text{O}_4$;

Carbonato tardio ($n = 2$): $(\text{Ce}^{3+}_{0.324}, \text{La}^{3+}_{0.182}, \text{Si}^{4+}_{0.176}, \text{Nd}^{3+}_{0.161}, \text{Al}^{3+}_{0.153}, \text{Sm}^{3+}_{0.062}, \text{Pr}^{3+}_{0.045}, \text{Fe}^{2+}_{0.027}, \text{Gd}^{3+}_{0.016}, \text{Ca}^{2+}_{0.015}, \text{K}^{+}_{0.013}, \text{Mg}^{2+}_{0.007}, \text{Y}^{3+}_{0.006}, \text{Ho}^{3+}_{0.005}, \text{Sr}^{2+}_{0.004}, \text{Th}^{4+}_{0.002}) \text{P}_{0.853}\text{O}_4$;

Através das composições médias verifica-se que as concentrações normalizadas em P e ETR são praticamente iguais entre si, pelo que os restantes elementos presentes não devem fazer parte da composição deste mineral.

Xenótimo (YPO_4)

Raros grãos de xenótimo (presumivelmente neoformados) em preenchimentos tardios de carbonato (**Cb IIIa**) no seio de agregados de **Qz VIIIa** foram analisados e as 3 análises pontuais quantitativas conduziram à composição média seguinte:

Carbonato tardio ($n = 3$): $(\text{Y}^{3+}_{0.694}, \text{Dy}^{3+}_{0.067}, \text{Tb}^{3+}_{0.060}, \text{Gd}^{3+}_{0.044}, \text{Er}^{3+}_{0.038}, \text{Fe}^{2+}_{0.035}, \text{Ho}^{3+}_{0.025}, \text{Yb}^{3+}_{0.023}, \text{Sm}^{3+}_{0.009}, \text{Lu}^{3+}_{0.006}, \text{Tm}^{3+}_{0.006}, \text{Eu}^{3+}_{0.005}, \text{Hf}^{4+}_{0.005}, \text{Si}^{4+}_{0.003}, \text{Zr}^{4+}_{0.003}, \text{Nd}^{3+}_{0.003}, \text{Pb}^{2+}_{0.003}, \text{Ca}^{2+}_{0.001}, \text{U}^{6+}_{0.001}) \text{P}_{0.986}\text{O}_4$.

IX. Litogeoquímica

Com o propósito de estabelecer critérios geoquímicos de proximidade a alvos potencialmente mineralizados, procedeu-se ao tratamento harmonizado do banco de dados de litogeoquímica obtido pela EDM para Escádia Grande. A amostragem realizada pela empresa foi essencialmente direccionada para estruturas com preenchimentos quartzosos e respectivos domínios proximais, tanto filões possantes, como segmentos de rocha metassedimentar cortados por filonetes/veios de tipologia diversa. Foram igualmente amostrados segmentos de rocha ígnea que ocasionalmente se encontra cortada por filonetes preenchidos por quartzo e/ou carbonato.

A empresa colheu 298 amostras a partir dos testemunhos de sondagem, subsequentemente analisadas por ICP-MS (digestão total) no laboratório SGS em três períodos distintos: inicialmente analisaram-se amostras referentes às sondagens EG1701/02 e 03; depois, as amostras das sondagens EG1704 e EG1805; e, finalmente, as amostras referentes às sondagens EG1806 e 07. Esta informação sobre o fraccionamento da análise litogeoquímica é bastante relevante na medida em que se verifica separação clara das amostras referentes às sondagens EG1701, 02 e 03 relativamente às restantes quanto aos valores de concentração em Ti, Nb e Ta. Por conseguinte, esta separação atípica e sistemática sugere que possa existir um artefacto analítico, possivelmente relacionado com a selecção de padrões. A falta de confiança relativamente à qualidade analítica das medidas de concentração em Ti, Nb e Ta levou à não consideração destes elementos nos cruzamentos multielementares realizados neste capítulo. Acresce referir que o pacote analítico seleccionado pela EDM não inclui alguns elementos pertinentes para a avaliação das características geoquímicas das litologias em estudo, como o Si e o C. Por último, seguindo a prática vigente na EDM, valores de concentração abaixo do limite de detecção (disponíveis no Anexo 7) foram substituídos por metade desse limite, em vez de se descartarem as análises.

O primeiro passo do processamento numérico das análises disponíveis consistiu na identificação dos elementos com comportamento geoquímico tendencialmente imóvel no sentido de se poder utilizar as concentrações correspondentes como factores de normalização e, assim, minimizar os efeitos de diluição inerentes à amostragem, possibilitando a comparação directa das diferentes amostras. Verifica-se que o conjunto de amostras referentes à rocha ígnea (fortemente silicificada e/ou carbonatizada) se separa sistematicamente das restantes. Elementos como Zr, Sc e Al apresentam comportamento geoquímico tendencialmente imóvel. Contudo, o Al destaca-se como elemento normalizador mais adequado não só pelo facto de constituir um elemento maior (preferível para a normalização dos restantes elementos maiores), mas também por apresentar melhores coeficientes de correlação linear (Figura IX.1).

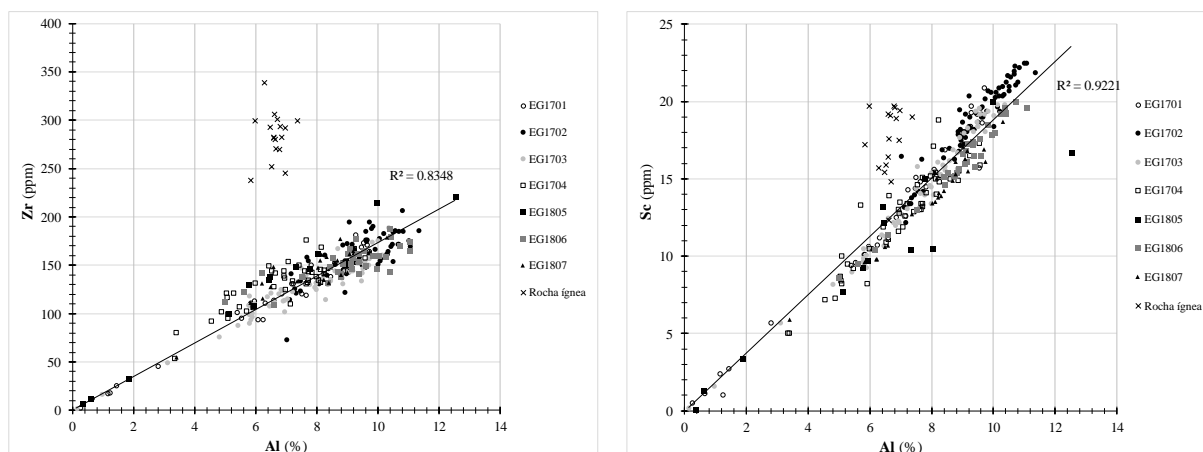


Figura IX.1 – Gráficos ilustrativos da covariância entre Al e outros elementos tendencialmente imóveis (Sc e Zr), mostrando os elevados coeficientes de correlação linear. As rectas que transcrevem o ajustamento linear positivo (contendo a origem do referencial) não consideram as amostras de rocha ígnea, as quais definem um agrupamento bem definido, distinto do que caracteriza as restantes amostras.

Com o objectivo de identificar a natureza composicional da fonte dos materiais clásticos que constituem as sequências metassedimentares hospedeiras das estruturas mineralizadas, optou-se por diferenciar as amostras por tipo litológico:

1. **P-G:** Alternância entre níveis milimétricos a centimétricos de pelitos e grauvaques finos;
2. **P:** Sequências essencialmente pelíticas;
3. **G:** Sequências essencialmente grauvacóides;
4. **Qz:** Filão de quartzo;
5. **RI:** Rocha ígnea

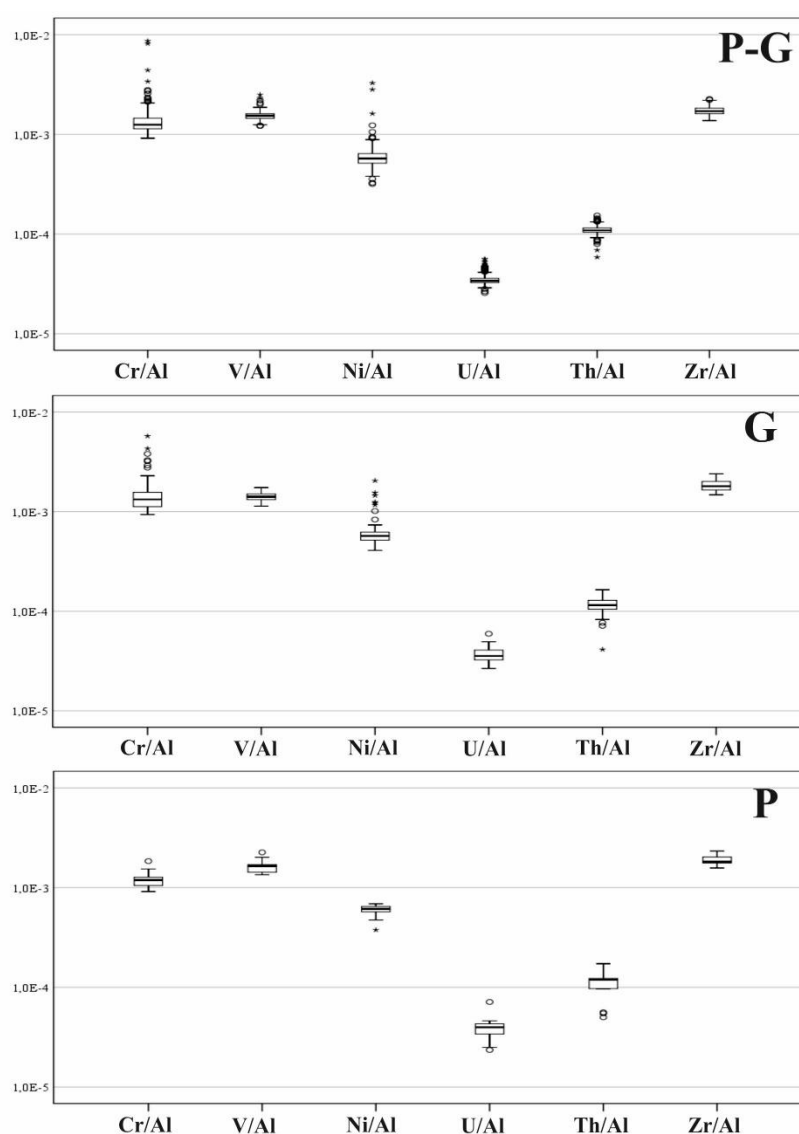


Figura IX.2 – Comparação de valores de concentração normalizada em elementos potencialmente discriminantes da natureza composicional da fonte de sedimentos constituintes dos diferentes tipos litológicos [P-G (n = 187), G (n = 62) e P (n = 17)].

Os diagramas patentes na Figura IX.2 revelam que os diferentes tipos litológicos metassedimentares analisados partilham a(s) mesma(s) fonte(s) de material clástico. Elementos denunciadores de fontes geoquimicamente pouco evoluídas (Cr, V, Ni) tendem a revelar valores mais elevados que os demais. Contudo, apesar das concentrações mais baixas, apenas se observam esboços de co-variação linear entre U/Al e Th/Al (Figura IX.3). Assim, a fonte predominante de material clástico deverá ser félsica (como rochas ígneas de filiação granítica, para além de sequências metamórficas), embora não seja possível descartar contribuições de fontes mais primitivas (ferro-magnesianas) quer na alimentação detrítica da bacia de deposição, quer no condicionamento químico imposto às soluções aquosas do meio sedimentar.

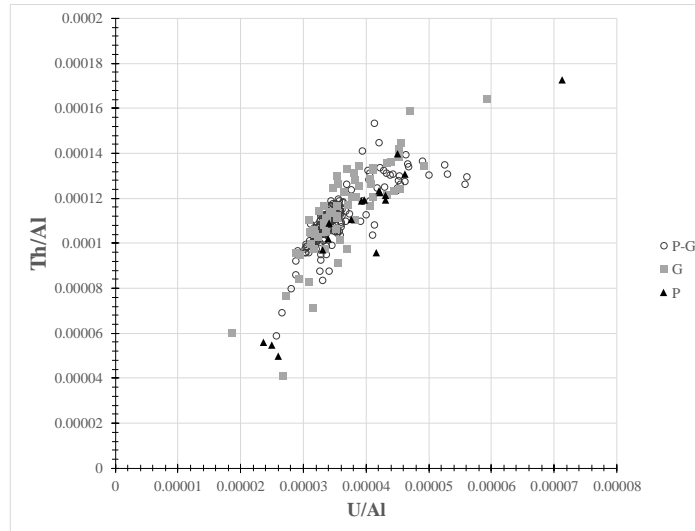


Figura IX.3 – Gráfico Th/Al vs. U/Al esboçando a co-variação positiva entre as duas variáveis.

O facto de a amostragem realizada ter sido direccionada para a “identificação de teores” resulta na impossibilidade de estabelecer fidedignamente o fundo geoquímico local capaz de ilustrar convenientemente a variabilidade composicional intrínseca das sequências metassedimentares. Tal seria essencial para a definição de valores limite (*thresholds*), úteis em modelação multifractal. Assim sendo, decidiu-se projectar agrupamentos elementares em função de afinidades geoquímicas expectáveis e da informação obtida durante a análise petrográfica e química mineral, no sentido de estabelecer critérios de aproximação a alvos potencialmente mineralizados a partir dos dados de litogeoquímica:

1. **Sb, As, S:** apesar de a precipitação do Au e da Ag se associar directamente aos sulfossais de Sb, é expectável a existência de concordância espacial significativa entre estas fases minerais e as fases de As que as antecedem;
2. **Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cd:** tendo em conta que a amostragem em canal das estruturas quartzosas não teve em conta os diferentes eventos de preenchimento (marcados por diferentes gerações de quartzo e outras fases minerais) não será possível diferenciar geoquimicamente as sucessivas etapas de deposição. Desta forma, apesar de o Ni estar maioritariamente associado à precipitação de fases tardias relativamente ao evento mineralizante, este elemento, bem como o Co (simpatético), são incluídos neste agrupamento por marcarem eventos de mobilização elementar relacionados com a circulação de fluidos hidrotermais relacionados com a evolução do sistema mineralizante. O elevado teor de Cd em esfalerite associada à fase de deposição de electrum e a sua forte correlação com Zn, constituem critério para inclusão deste elemento neste agrupamento.
3. **Au, Ag, Bi:** a inclusão de Bi no agrupamento dos elementos de interesse (Au e Ag) advém do facto de apenas se ter detectado este elemento em agregados de electrum, sugerindo afinidade para com o conjunto.

Para cada conjunto elementar definiu-se, com base na dispersão de pontos relativamente ao agrupamento principal (Figura IX.4), o limite a partir do qual amostras poderão ser consideradas anómalas:

$$\left[\frac{Sb + As + S}{Al} \right] \times 100 \geq 5$$

$$\left[\frac{Cu + Zn + Pb + Ni + Co + Cd}{Al} \right] \times 100 \geq 0.4$$

$$\left[\frac{Au + Ag + Bi}{Al} \right] \times 100 \geq 0.001$$

O factor de multiplicação utilizado visa apenas incrementar a magnitude dos valores projectados para efeitos de visualização nos gráficos seguintes:

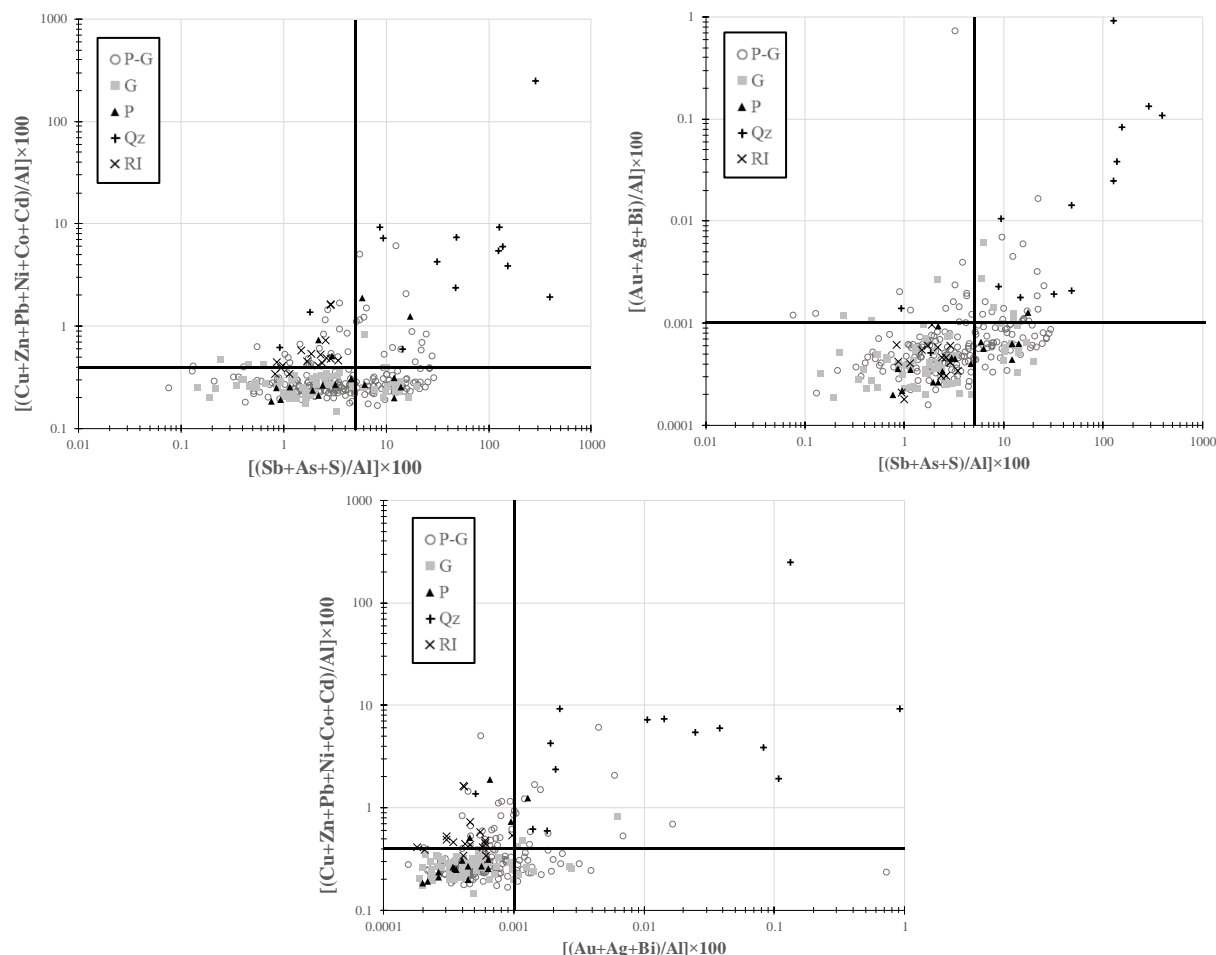


Figura IX.4 – Projecção dos agrupamentos elementares enunciados em texto. Em cada diagrama, as rectas projectadas representam o limite a partir do qual as amostras são consideradas anómalas. As amostras localizadas no 1º quadrante, utilizando a intersecção das rectas desenhadas em cada gráfico como referência, podem ser marcadoras de domínios potencialmente mineralizados.

Verifica-se que as amostras referentes a filões de quartzo se encontram sistematicamente no quadrante de amostras discriminantes de domínios potencialmente mineralizados, esboçando inclusivamente covariância positiva entre os agrupamentos elementares (Au+Ag+Bi) e (Sb+As+S). Para além de filões de quartzo, as amostras de rocha metassedimentar com valores considerados anómalos para os três agrupamentos poderão corresponder a domínios proximais a estruturas de quartzo possantes e/ou a zonas de falha. Estas amostras de rocha metassedimentar apresentam, tipicamente, pequenas quantidades de sulfuretos ao longo dos planos de estratificação.

Com vista a compreender o prolongamento lateral e em profundidade de domínios potencialmente mineralizados relativamente à disposição espacial dos pisos da mina de Escádia Grande, projectaram-se os valores dos agrupamentos elementares ao longo de cada perfil de sondagem (Figura IX.5). A selecção de domínios potencialmente mineralizados teve como critério base a tendência para o incremento simultâneo dos valores referentes aos três agrupamentos elementares anteriormente definidos, nomeadamente nos casos em que estes ultrapassam o limite a partir do qual são considerados anómalos.

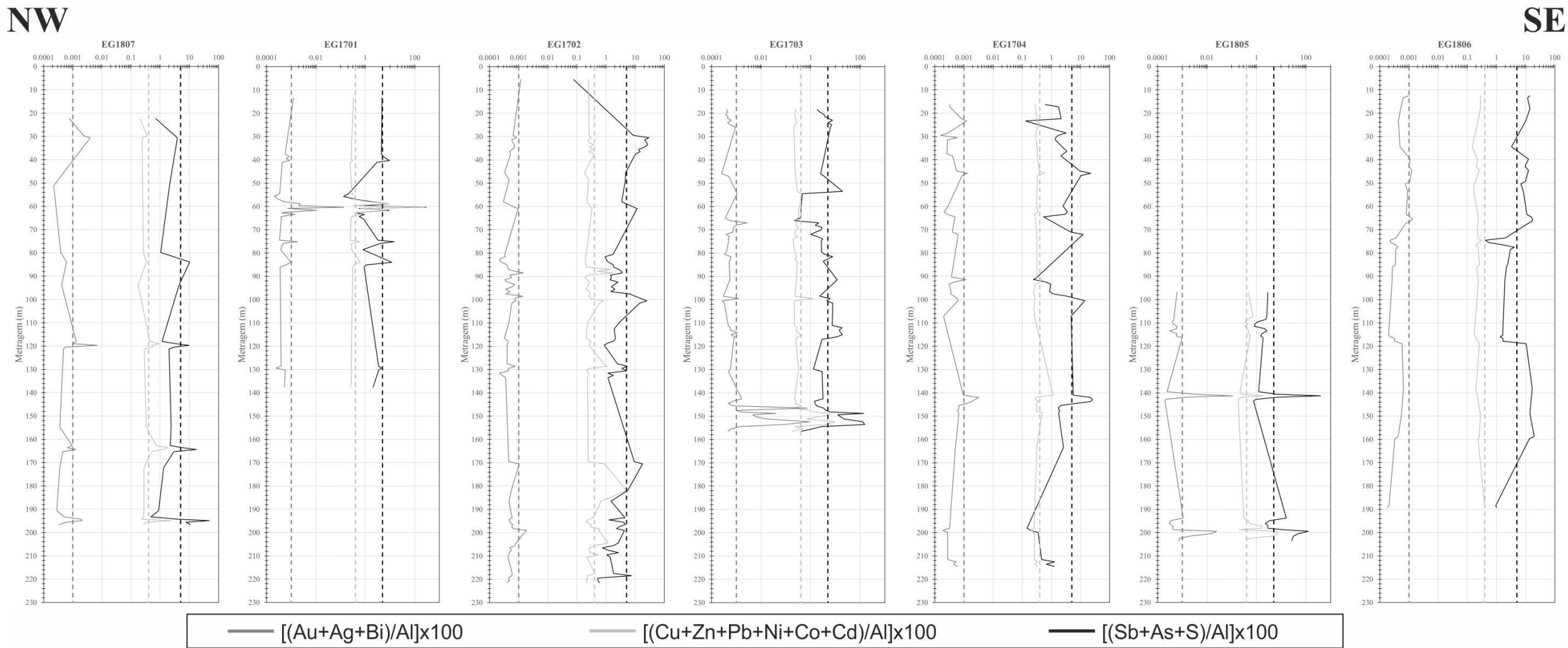


Figura IX.5 – Representação gráfica da distribuição dos valores das razões $(Sb+As+S)/Al$, $(Cu+Zn+Pb+Ni+Co+Cd)/Al$ e $(Au+Ag+Bi)/Al$ ao longo dos perfis de sondagem. As linhas a tracejado marcam os limites a partir dos quais os valores de cada agrupamento elementar são considerados anómalos.

Tabela IX.1 – Domínios anómalos intersectados pelas diferentes sondagens e respectiva descrição macroscópica. A cor de cada segmento é atribuída em função do tipo de estrutura intersectada: Filão de quartzo [magenta], Zona de falha (ZF)/Brecha [cinzento] ou Rocha metassedimentar (RM) com disseminação de sulfuretos e/ou cortada por filonetes quartzosos [amarelo].

Sondagens	Cota do Furo (m)	Inclinação (°)	Domínios Potencialmente Interessantes			Descrição	[(Au+Ag+Bi)/Al]x100	[(Cu+Zn+Pb+Ni+Co+Cd)/Al]x100	[(Sb+As+S)/Al]x100
			Metragem (m)	Profundidade (m)	Cota (m)				
EG1807	729	60	120	104	625	Filão de quartzo (Qz VI) pouco possante (reactivação por ZF)	0.0069	0.53	9.6
			164	142	587	RM com disseminação de sulfuretos (adjacente a ZF)	0.0013	1.23	17.4
			195	169	560	ZF com pontual preenchimento de Qz VII + Apy II	0.0021	2.38	48.0
EG1701	676	49	40	30	646	RM cortada por veios de quartzo precoce (2ª + 3ª gerção de Qz); disseminação de sulfuretos ao longo de S ₀ (Apy II abundante)	0.0009	0.31	9.5
			60	45	631	Bordo de filão possante de quartzo (Qz VI); fracturação selada por sulfuretos	0.1331	250.96	286.3
			75	57	619	Filão de quartzo precoce (3ª/5ª geração de Qz) subconcordante com S ₀ . Rara precipitação de sulfuretos	0.0018	0.59	14.6
			85	64	612	Zona de falha	0.0010	0.61	11.7
EG1702	661	55	88	72	589	RM localmente cortada por ZF marcadas por domínios brechificados soldados por sulfuretos	0.0014	1.68	3.6
			99	81	580	RM com sulfuretos disseminados ao longo dos planos de estratificação	0.0008	0.82	24.9
			128	105	556	Zona de Falha / Brecha	0.0008	1.10	5.2
			170	139	522	RM com sulfuretos disseminados ao longo de planos de estratificação (proximal a ZF)	0.0010	0.88	18.0
			198	162	499	RM com filonetes de quartzo tardio (presumivelmente, Qz VIIIa)	0.0019	0.56	4.3
EG1703	654	50	100	77	577	RM cortada por filonetes de Qz III e Qz VIIIa (?); precipitação de sulfuretos ao longo de S ₀	0.0012	1.20	6.2
			115	88	566	RM com sulfuretos disseminados ao longo de planos de estratificação	0.0006	0.45	19.4
			150	115	539	Filão possante de quartzo (Qz VI) tectonizado. Preenchimentos de Qz VII + Apy II e Cb II	0.9198	9.26	127.8
EG1704	679	60	46	40	639	RM com disseminação de sulfuretos ao longo de S ₀ e em estruturas frágeis discretas	0.0013	0.58	22.4
			142	123	556	RM com filonetes de Qz III e veios de Qz VIIIa (?); disseminação de sulfuretos ao longo de S ₀	0.0032	0.28	21.7
EG1805	703	60	141	122	581	Filão de quartzo (Qz VI) pouco possante afectado por ZF. Preenchimentos pontuais de Qz VIII	0.1079	1.93	392.9
			200	173	530	Bordo de filão de quartzo precoce (Qz V) tectonizado; fracturação selada por sulfuretos. Filonetes de Cb II + Gn II + Ag ₃ S ₄	0.0245	5.46	125.8
EG1806	686	50	45	34	652	RM com disseminações pontuais de sulfuretos	0.0012	0.26	12.6
			65	50	636	RM cortada por filonetes de quartzo (Qz II, Qz IV e Qz VIIIa) com disseminação pontual de sulfuretos	0.0013	0.23	17.4

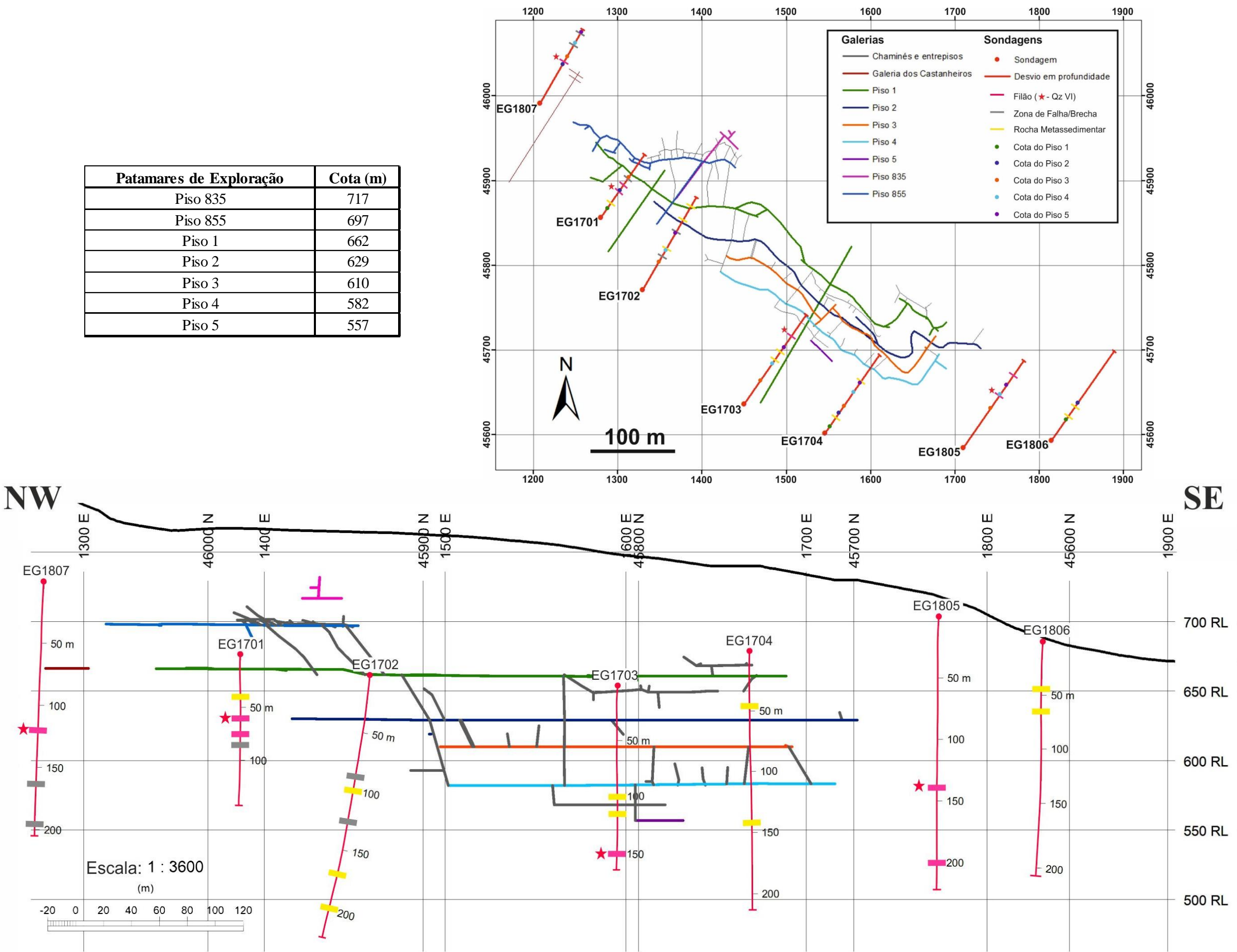


Figura IX.6 – Disposição espacial relativa entre as 7 sondagens realizadas pela EDM e os diferentes pisos da mina de Escádia Grande. Na projecção em planta [em cima; coordenadas rectangulares com ponto central e datum localizados na Melriça (Datum 73); sistema de coordenadas ETRS89] assinalaram-se com traços os segmentos considerados anómalos, seguindo o mesmo esquema de cores utilizado na Tabela IX.1: estrelas vermelhas adjacentes aos traços que marcam estruturas filonianas preenchidas por Qz VI, presumivelmente desenvolvidas sob influência do corredor de cisalhamento regional; os círculos marcados ao longo dos perfis de sondagens assinalam a cota dos diferentes pisos da mina. A projecção em corte (em baixo) corresponde a um plano N50°E, 57.5°NE e ilustra a sinalização dos domínios anómalos.

A utilização dos agrupamentos elementares anteriormente estabelecidos permite colocar em evidência vários domínios potencialmente interessantes do ponto de vista metalogenético. É notória a amplificação da intensidade dos sinais em zonas de intersecção com filões quartzosos, especialmente quando correspondem a preenchimentos de Qz VI e se encontram cortados por estruturas frágeis posteriores sublinhadas por preenchimentos de Qz VII, Cb II e/ou sulfuretos. Os sectores de rocha metassedimentar destacados (que tendem a apresentar disseminações de sulfuretos, especialmente em domínios pelíticos) podem constituir marcadores de domínios proximais a zonas mineralizadas. Adicionalmente importa destacar a tendência para o incremento dos teores em metais base em domínios proximais a zonas de falha em comparação com os domínios de rocha metassedimentar, possivelmente indiciadora do paleo-escoamento de fluido portador desses elementos. No que diz respeito ao prolongamento lateral e em profundidade de teores, intersecções com corpos quartzosos deverão constituir um marcador determinante da continuidade espacial de domínios mineralizados. As intersecções com lenticulas de Qz VI identificadas nos testemunhos de sondagem EG1807 e EG1701 sugerem prolongamento dos domínios mineralizados para o quadrante NW; inclusivamente a estrutura filoniana de Qz VI intersectada pela sondagem EG1701 encontra-se à mesma cota do piso 2. De modo similar, a intersecção de estrutura filoniana à cota dos 587 m na sondagem EG1805 sugere potencial para desenvolvimento das galerias do piso 4 no sentido do quadrante SE. Finalmente, a intersecção da sondagem EG1703, à cota dos 539 m, com estrutura filoniana possante de Qz VI cortada por preenchimentos tardios correlacionáveis com o evento mineralizante principal, sugere continuidade dos domínios mineralizados em profundidade, a cotas inferiores à do piso 5.

X. Projecção Espacial de Estruturas e Teores

Com o objectivo de melhor avaliar a geometria do dispositivo estrutural que terá controlado o escoamento de fluido hidrotermal mineralizante, através do desenvolvimento, propagação e coalescimento das estruturas frágeis com pendor para o quadrante SW, procurou-se executar um exercício de extrapolação espacial destas estruturas com base na informação estrutural referente aos pisos 835 e 855 compilada no capítulo VI. Dada a sobreposição destes patamares, maioritariamente ao nível dos acessos (Figura X.1), considerou-se pertinente interpretar pontualmente a continuidade espacial das descontinuidades estruturais a três dimensões. A selecção de estruturas-chave a extrapolar para domínios não cartografados baseou-se nos critérios seguintes: (i) importância relativa dos conjuntos de descontinuidades no contexto da evolução do corredor de cisalhamento, em função da magnitude dos efeitos de deformação em estruturas pré-existentes [por exemplo, planos de estratificação e preenchimentos quartzosos anteriores (nomeadamente filões de Qz VI)] e da presença de precipitados quartzosos e/ou sulfuretados; e (ii) concordância ao nível da orientação e de marcadores cinemáticos de estruturas pertencentes ao mesmo conjunto.

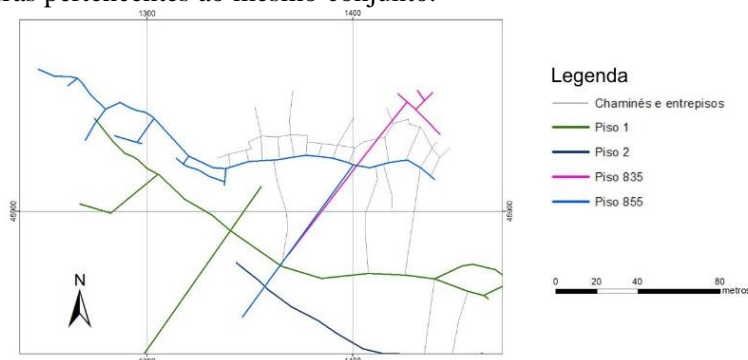


Figura X.1 – Mapa ilustrativo da sobreposição parcial entre os pisos 835 e 855.

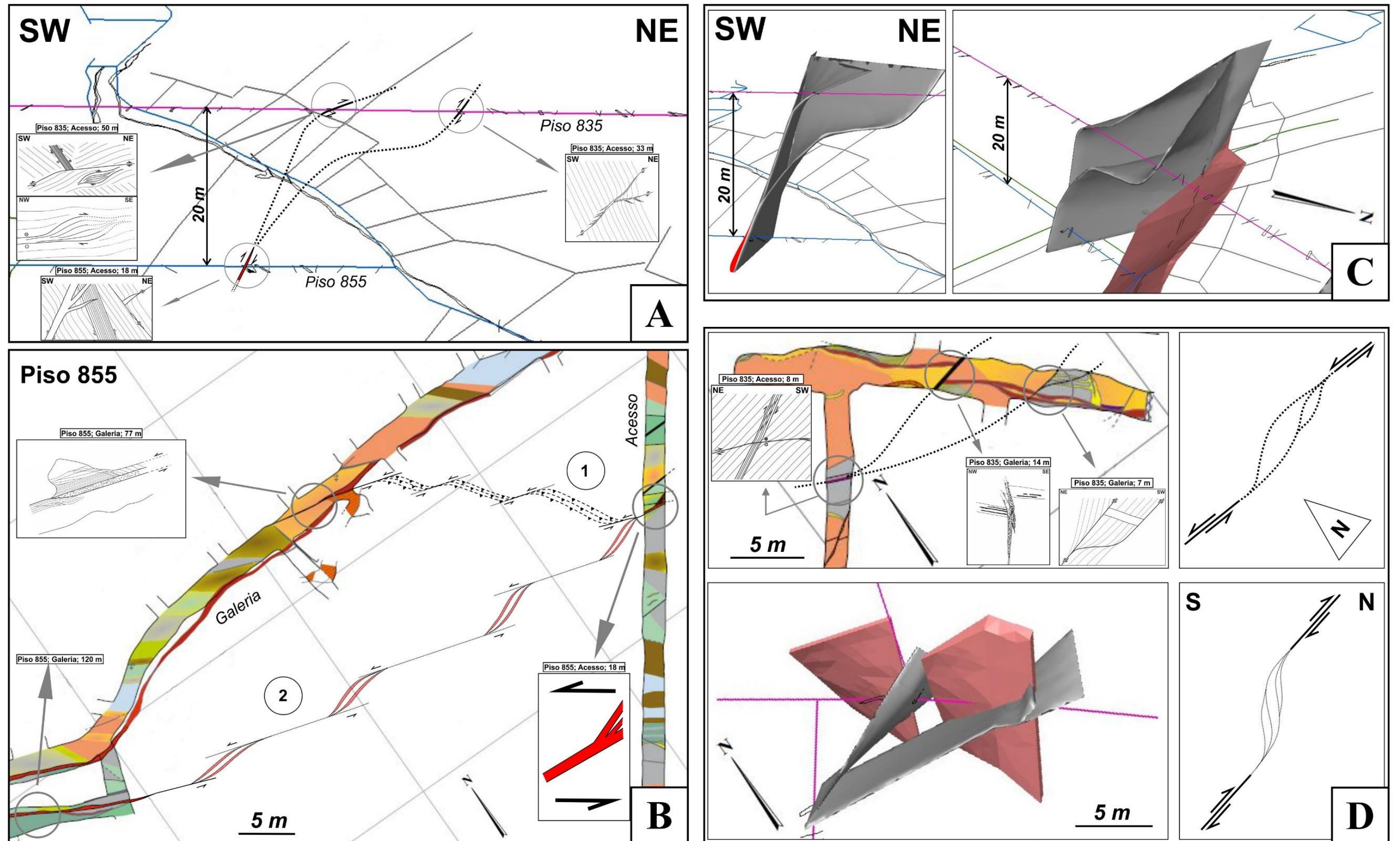


Figura X.2 – Representação esquemática da interpretação em corte (A) e planta (B) do **Ex. 1** (C ilustra o resultado tridimensional dessa interpretação). Por sua vez, D expõe a interpretação em planta (canto superior esquerdo) e modelos teóricos de coalescimento (lado direito) para o **Ex. 2** (canto inferior esquerdo ilustra o resultado tridimensional dessa interpretação). Nota 1: corpos vermelhos representados nas exposições tridimensionais correspondem a filões de Qz VI. Nota 2: visto que a dimensão dos objectos varia em profundidade nas imagens tridimensionais, a escala atribuída baseia-se na distância entre os dois pisos (em A e C) e no comprimento na galeria do piso 835 (canto inferior esquerdo da imagem D).

Devido à sobreposição parcial dos dois pisos e à escassez de pontos de referência para prolongamento lateral de estruturas, seleccionaram-se apenas dois exemplos-chave [patentes nas Figuras X.2-A,B,C (**Ex. 1**), e X.2-D (**Ex. 2**)] para documentar o arranjo geral do dispositivo estrutural principal. Somente ao nível dos acessos de ambos os pisos se reúnem condições para interpretar a continuidade espacial das estruturas a três dimensões, conforme reportado na Figura X.2-A. Face à variação dos pendores das estruturas com inclinação para o quadrante SW e à geometria das descontinuidades intersectadas nos afloramentos do piso 835, admitiu-se um perfil com forma sigmoidal como o produto do seu coalescimento. A exposição referente ao afloramento localizado aos 50 m do acesso do piso 835⁴⁵ permite observar a estrutura frágil com orientação NW-SE (azimute = 315°) e efeitos imputáveis a zonas de esmagamento consequentes do coalescimento das falhas com pendor para SSW. Assim, considera-se verosímil que a ligação entre os afloramentos do piso 855 localizados aos 18 m do acesso⁴⁶ e 77 m da galeria⁴⁷ se processe através de estruturas com geometria e orientação análogas (Interpretação 1 da Figura X.2-B). De forma idêntica, sugere-se ainda a possibilidade de ligação entre a falha com preenchimento localizada aos 120 m da galeria do piso 855 e o afloramento dos 18 m do acesso do mesmo patamar; neste caso, as estruturas de transferência que possibilitam a ligação corresponderão a domínios de dilatação e apresentam orientação próxima de ENE-WSW, à semelhança das ramificações do preenchimento de falha intersectado no afloramento localizado aos 18 m do acesso deste piso (Interpretação 2 da Figura X.2-B). Por conseguinte, são reconhecidos dois eventos principais de movimentação do sistema frágil com pendor médio para o quadrante SW: (i) génese de estruturas de fecho gerando zonas de esmagamento que conduzem a cominuição/brechificação; seguido do (ii) desenvolvimento de estruturas dilatantes e abertura de segmentos das zonas de falha sob regime transtensivo. Ambos os eventos se encontram ordenadamente registados no preenchimento da zona de falha com pendor para SSW, intersectada no afloramento dos 18 m do acesso do piso 855. A projecção da estrutura maior a três dimensões é ilustrada na Figura X.2-C

Finalmente, a zona de intersecção entre galeria e acesso do piso 835 apresenta pontos de referência suficientes para interpretação da continuidade lateral de estruturas frágeis com pendor para N a NE, as quais foram interpretadas como resultado do rejogo de descontinuidades pré-existentes aquando da coalescência das falhas com pendor para SSW (canto inferior direito da Figura X.2-D). Note-se que as estruturas observadas aos 7 m⁴⁸ e 14 m⁴⁹ da galeria deste piso exibem geometria compaginável com esse mesmo coalescimento. A interpretação em planta realizada sugere escalonamento idêntico ao exposto na Figura X.2-D (canto superior direito) e a possibilidade de abertura das estruturas frágeis desse domínio de coalescência. A projecção da estrutura maior a três dimensões encontra-se ilustrada no canto inferior esquerdo da Figura X.2-D. Em conclusão, o dispositivo estrutural que controla o escoamento de fluido hidrotermal durante os principais eventos mineralizantes caracteriza-se pelo coalescimento e ramificação de estruturas frágeis com pendor para SSW, originando arranjos estruturais que, em função do seu escalonamento espacial, são classificáveis como sistemas do tipo *restraining* e *releasing bend*, discerníveis em secções verticais e horizontais. Em regime de *releasing bend* reúnem-se condições para o desenvolvimento de precipitados de quartzo e/ou sulfuretos em segmentos estruturais com orientação próxima de E-W (normalmente de elevada inclinação, face à preponderância da movimentação esquerda do todo o dispositivo), incluindo estruturas com pendor para N a NE.

Em Janeiro de 2019, a empresa EDM realizou uma campanha amostragem (em canal) dos pisos 835 e 855 direccionada para estruturas filonianas e respectivos domínios adjacentes⁵⁰. Visto que a amostragem

⁴⁵ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-A.

⁴⁶ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-O.

⁴⁷ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-J.

⁴⁸ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-L.

⁴⁹ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-K.

⁵⁰ Domínios amostrados e mapas de distribuição de teores realizados encontram-se disponíveis no Anexo 8.

visou essencialmente as galerias (pois coincidem espacialmente com as estruturas filonianas principais), não existe sobreposição entre os domínios amostrados em ambos os patamares, razão pela qual não se reúnem condições para interpolação 3D dos valores de concentração. Assim, com vista a investigar a relação espacial entre as estruturas potencialmente portadoras de mineralização e as concentrações de diversos elementos-guia elaboraram-se mapas de distribuição 2D de teores com base no método do inverso da distância (potência 2). Para além dos elementos de interesse (Au e Ag, bem como Bi por se associar a electrum), seleccionaram-se metais de transição e metalóides incorporados em fases minerais marcadoras do evento mineralizante principal (Cu, Zn, Pb, Cd e As, Sb, respectivamente).

Por se tratar de amostragem em canal com inevitável diluição de teores, os valores de concentração⁵¹ foram normalizados relativamente a um elemento tendencialmente imóvel no sentido de proceder à comparação directa das amostras. Neste caso, e à semelhança do verificado no capítulo de litogeoquímica, o Al destaca-se como o elemento normalizador mais adequado, exibindo coeficientes de correlação linear superiores a 0.95 (contendo a origem do referencial) com outros elementos tendencialmente imóveis, como Sc, Zr e Yb (Figura X.3).

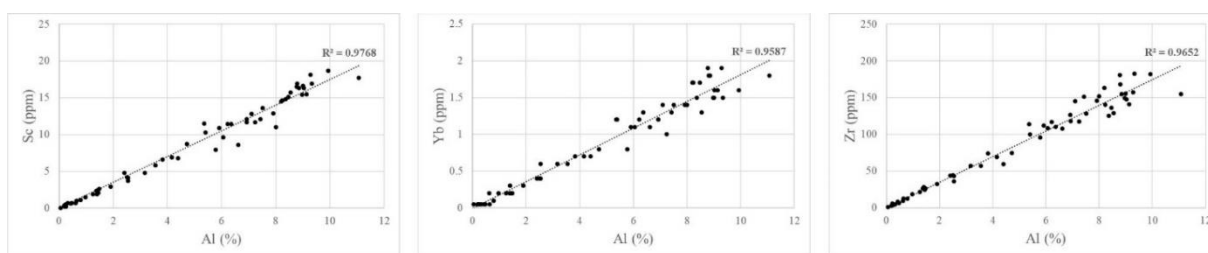


Figura X.3 – Gráficos ilustrativos da co-variação positiva entre Al e outros elementos tendencialmente imóveis (Sc, Zr e Yb), em termos geoquímicos.

Apenas a amostragem realizada ao nível da galeria do piso 855 ocupa área com continuidade espacial propícia à construção de mapas de concentração elementar suficientemente extensos para fazer inferências acerca da relação entre a distribuição de teores e os domínios afectados por estruturas frágeis potencialmente mineralizadas (Figura X.4). Os mapas produzidos revelam que todos os elementos seleccionados, com excepção do Cu (e, em parte, do Zn), tendem a apresentar distribuição espacial idêntica à manifestada pelo Au e Ag, especialmente As, Sb e Pb. O sector W, mais concretamente a partir dos 110 m, onde confluem duas zonas de falha (conforme interpretado no capítulo VI⁵²) cujo preenchimento difere do observado nas lenticulas de quartzo pré-existent, apresentam concentrações (normalizadas) dos elementos seleccionados tendencialmente mais elevadas que o verificado nos restantes corpos filonianos lenticulares. Este domínio enriquecido tende a prolongar-se para E, especialmente na zona de influência da estrutura frágil cartografada aos 77 m da galeria, onde ocorrem precipitados presumivelmente correspondentes a Qz VII (marcados a laranja). A orientação sugerida pela cartografia destes preenchimentos é teoricamente compatível com a orientação de estruturas subsidiárias dilatantes geradas na dependência da movimentação esquerda das falhas com pendor para SSW (WSW-ENE). Finalmente, a presença de valores de concentração (normalizados) mais elevados na zona de intersecção entre o acesso e galeria deste piso, pode ser interpretado como decorrente da influência da zona de falha que concorre para o rejeito dos corpos lenticulares, denunciada, por exemplo, pelo afloramento localizado aos 1 m do acesso deste piso; a estrutura cartografada aos 40 m da galeria⁵³ pode igualmente resultar da influência desta zona de falha. Os valores de concentração (normalizados) tendem a diminuir para o sector E.

⁵¹ Seguiu-se o mesmo critério de substituir valores abaixo do limite de detecção por metade desse limite; valores acima do limite de detecção foram substituídos pelo valor máximo de leitura.

⁵² Ilustrado na exposição da Figura VI.2-I.

⁵³ Ilustrado na exposição da Figura VI.2-C.

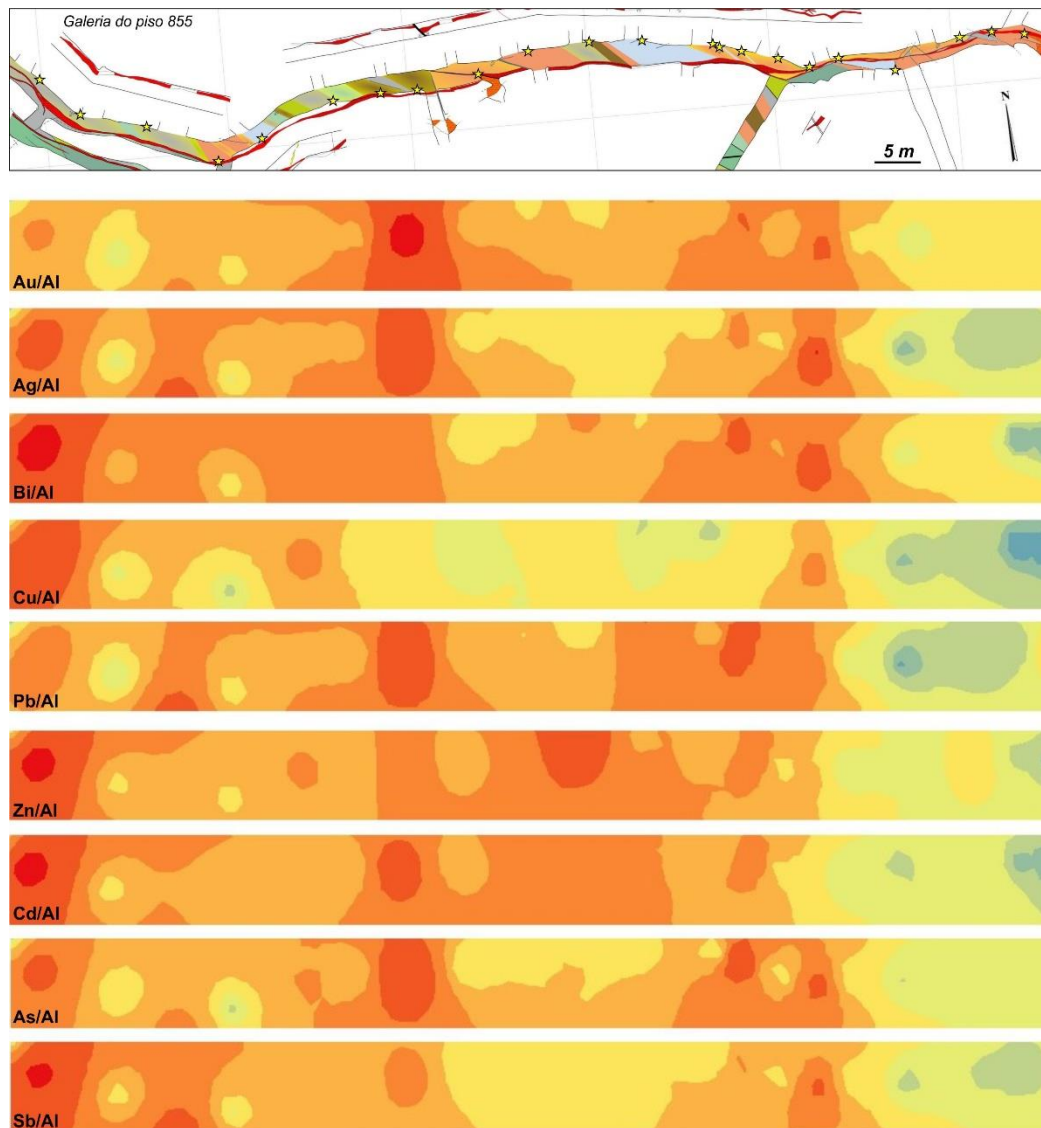


Figura X.4 – Distribuição espacial dos valores de concentração (normalizados) para os elementos seleccionados [Galeria do piso 855]. As estrelas assinalam a localização dos canais de amostragem dos hasteais da galeria.

XI. Discussão

Considerando os resultados obtidos, pretende-se neste capítulo interpretar globalmente a informação disponível para o sistema de Escádia Grande e assim responder às questões enunciadas na nota introdutória deste trabalho.

O dobramento das sequências metassedimentares precede os eventos mineralizantes principais e, na sua dependência, formam-se diferentes estruturas subsidiárias preenchidas por agregados siliciosos. Estes agregados correspondem à 1^a, 2^a, 3^a, 4^a e 5^a gerações de quartzo, as quais constituem o registo geológico da produção intermitente de fluido sobressaturado em sílica (desidratação associada à progressão do metamorfismo síncrono da deformação), subsequente escoamento e precipitação mineral, e posterior acomodação de tensão adequada à promoção de cedência plástica intracristalina. De facto, os arranjos micro-estruturais observados⁵⁴ nestes preenchimentos traduzem progressão heterogénea de mecanismos de recuperação dinâmica (ocasionalmente, recristalização em agregados de **Qz II**), dando origem a mantos de subgranulação, e à imposição de *fabric* subparalelo à xistosidade, marcado pela orientação dos grãos que compõem os agregados siliciosos. Estes efeitos tendem a atenuar-se nos agregados

⁵⁴ Excepto a 1^a geração, visto que não foi possível identificar com clareza a sua presença nas secções de lâmina seleccionadas.

siliciosos mais recentes (4ª e 5ª gerações), nos quais a acomodação da deformação se processa fundamentalmente ao longo das fronteiras intergranulares. Contudo, ocasionalmente, em agregados de **Qz V**, por norma fracamente orientados e desprovidos de efeitos imputáveis a mecanismos de deformação típicos de baixo *strain-rate* e/ou temperatura elevada, desenvolvem-se mantos de subgranulação intergranular (Figura VII.4-D) e subgranulação intragranular incipiente (Figura VII.1-D2); estes efeitos são interpretados como o resultado da activação de planos de deslizamento interno facilitado pela existência de debilidades estruturais relacionadas com enfraquecimento hidráulico em grãos de quartzo convenientemente orientados relativamente ao campo de tensões. O crescimento atáxico dos cristais de **Qz IV** corrobora a hipótese proposta de esta família de estruturas resultar de dilatações locais associadas à deformação cisalhante imposta aos flancos das dobras (Figura VII.4-E). Da forma idêntica, o aprisionamento de segmentos metapelíticos com geometria sigmoidal em fendas de **Qz V** (Figura VII.4-L) suporta a hipótese de resultarem da reactivação de S_0 , especialmente dos níveis mais anisótropos (*e.g.* níveis metapelíticos); em domínios rochosos onde o desenvolvimento e coalescimento destas fendas é particularmente significativo, podem desenvolver-se corpos filonianos possantes de quartzo leitoso (**Qz V**) com pendor para NE, subconcordantes com S_0 .

Após o dobramento das sequências metassedimentares (sin-D₁; Meireles *et al.*, 2013), estabelecem-se condições para o desenvolvimento, em regime dúctil/semi-frágil de fendas dilatantes com disposição *en échelon*, orientação média WNW-ESE e fraco pendor para SSW, que representam os corpos filonianos de geometria lenticular (**Qz VI**). O escalonamento verificado sugere desenvolvimento das fendas condicionado por corredor de cisalhamento inverso esquerdo com orientação NW-SE e pendor para SW. Estas características são compatíveis com o desenvolvimento subsequente, em regime frágil, do conjunto de falhas: (1) sintético com cinemática inversa esquerda, orientação média de WNW-ESE a NW-SE e inclinação para SSW a SW; e (2) antitético com cinemática inversa direita, com orientação média de NW-SE a NNW-SSE e pendor para NE a ENE. Porém, esta cinemática contrasta com o que se verifica regionalmente para os corredores NW-SE propagados durante D₃ e com as observações de Carvalho (1988a) que invoca a presença de um corredor de cisalhamento principal direito com orientação próxima de NNW-SSE e pendor para E. De facto, corredores com esta orientação e cinemática são documentados essencialmente a norte do sulco carbonífero (Pereira *et al.*, 1993). Esta inconsistência pode ser explicada de duas formas distintas:

i. O corredor estrutural NW-SE corresponde a alinhamento tardi-D₁ (Figura II.1), reactivado em D₃ (Pereira *et al.*, 1993) com cinemática direita, ou apenas sin-D₃. Nestas condições, as fendas dilatantes corresponderiam a um efeito de carácter local controlado pelas estruturas direitas que delimitam o bloco central predominantemente grauvacóide, mais competente, definido por Carvalho (1988a) [Figura II.4; Figura XI.1 – Modelo 1]. As estruturas com orientações NS e ENE-WSW e cinemática direita e esquerda, respectivamente, representariam, neste modelo interpretativo, zonas de transferência desenvolvidas subsequentemente;

ii. Interferência de outro corredor de cisalhamento, não cartografado, com cinemática inversa esquerda, direcção entre WNW-ESE e E-W e pendor para SSW/S. Nesta situação, seria expectável o desenvolvimento inicial do corredor NW-SE direito em regime dúctil/semi-frágil, na dependência do qual se propagariam alinhamentos NNW-SSE e WNW-ESE de microestruturas, sem cedência frágil macroscópica relevante. A interferência do binário esquerdo WNW-ESE supramencionado pressupõe que este corredor acomodaria mais tensão e, consequentemente, apresentaria maior taxa de propagação. Em condições de elevada pressão de fluidos reunir-se-iam condições para reactivação das debilidades estruturais WNW-ESE anteriormente geradas, e sua abertura em regime transtensivo (Figura XI.1 – Modelo 2). Posteriormente, em regime essencialmente frágil, verificar-se-ia cedência do material rochoso ao longo dos dois alinhamentos principais, espacialmente dependentes das debilidades estruturais pré-existent.

O corredor estrutural esquerdo invocado pode relacionar-se com a influência da zona de cisalhamento Coimbra-Córdoba que, segundo Burg *et al.* (1981), esteve activa durante o encurvamento do AIA. De facto, os mesmos autores indicam que os últimos eventos tectonometamórficos neste cisalhamento ocorreram após a intrusão dos granitos de duas micas peraluminosos, e inferem a instalação de um regime transpressivo esquerdo entre Coimbra e Badajoz com componente cavalgante para ENE. Considerando que a região de Góis se encontra próxima da zona de intersecção de dois acidentes com expressão a grande escala, é verosímil inferir a possibilidade de desenvolver zonas de transferência de movimento entre ambos. Estas corresponderiam a corredores de acomodação preferencial de deformação, cujo desenvolvimento pode, inclusivamente, ser condicionado por descontinuidades pré-existent, nomeadamente planos de estratificação, face à semelhança geométrica entre o padrão de dobramento D₁ e a curvatura do AIA (Figura II.1; Figura XI.1 – Modelo 2). Nestas condições, o corredor estrutural inverso esquerdo invocado apresentaria direcção próxima de WNW-ESE (idêntica à exibida pela sequências metassedimentares) e pendor para SW, reunindo condições para a génese das fendas e sistema de falhas identificados durante o levantamento estrutural de galerias (Figura XI.1).

Seguidamente, sucessivos episódios de reactivação (sísmica) do corredor de cisalhamento conduzem à cominuição (cataclase) heterogénea dos agregados **Qz VI** (Figura XI.1), sendo tardiamente acompanhados pela precipitação de **Apy I** ao longo de: (a) fracturas irregulares, que afectam a periferia dos corpos lenticulares (Figura VI.2-H); ou (b) leitos finos, subparalelos entre si, nas zonas de biselamento das fendas (Figura VI.2-G). Tal heterogeneidade de estruturas portadoras de **Apy I** é consequência da estruturação interna contrastante entre extremidades e domínios centrais dos corpos filonianos lenticulares (Figura VI.2-E), determinando o escoamento diferencial de fluido pelas fendas.

A progressão da deformação ao longo do corredor de cisalhamento esquerdo NW-SE/WWN-ESE, em regime frágil, concorre para a propagação e coalescimento do sistema de falhas sintético com componente esquerda inversa. A propagação deste sistema de falhas corta os corpos filonianos lenticulares pré-existent (Figura VI.2-J) e reactiva estruturas frágeis do sistema antitético (Figura X.2-D). Esta rede de fracturação incrementa a permeabilidade, assegurando o escoamento de fluido mineralizante, e tende a coalescer ao longo de vários ciclos sísmicos, dando origem a geometrias do tipo *releasing e restraining bend*, em função do escalonamento das descontinuidades (Figura X.2-B), sendo o primeiro arranjo geométrico propício à acomodação de novos precipitados hidrotermais e génese de corpos filonianos em zonas de falha (**Qz VII**) [Figura VI.2-O]. O arranjo estrutural assim estabelecido promove o desenvolvimento de dois tipos de estruturas filonianas (diacrónicas) controladas por mecanismos distintos: (i) filões de quartzo com geometria lenticular (**Qz VI**) que representam fendas de tracção geradas na dependência do corredor de cisalhamento regional; e (ii) filões instalados em zonas de falha com pendor para o quadrante SW (**Qz VII**). Esta interpretação da génese dos filões (i) difere substancialmente dos mecanismos propostos por Carvalho (1988b) e justifica a variação das características macroscópicas dos agregados de quartzo descrita por este autor. Ao nível da tipologia de estruturas e dos regimes de deformação impostos pelo corredor de cisalhamento, a sequência evolutiva descrita é compatível com o modelo tri-etápico proposto em Noronha *et al.* (2000) [Figura XI.2].

Detalhemos agora os efeitos relacionados com o evento mineralizante. A intersecção entre as falhas com pendor para SSW e os corpos filonianos lenticulares concorre para a génese de corredores de cisalhamento (Figura VII.3-B) ou de estruturas dilatantes (Figura VII.3-H) em agregados de **Qz VI**, em função da ondulação do plano de falha (acumulação diferencial da tensão). Inicialmente, o evento mineralizante caracteriza-se pela precipitação de **Apy II**. Os dados de química mineral permitem diferenciar dois estádios de deposição, verificando-se primeiramente a precipitação de **Apy IIa**, mais enriquecida em As, e, posteriormente, de **Apy IIb**, ligeiramente mais empobrecida em As, normalmente acompanhada de pirite e/ou marcassite. Esta evolução sugere incremento ou decréscimo da actividade de FeS ou de As, respectivamente. Normalmente a precipitação deste sulfureto não é acompanhada pela

deposição de Au; porém, em eventos de despressurização associados a episódios de brechificação (hidráulica), durante os quais se verifica coprecipitação de **Qz VII** e **Cb I**, pode ocorrer deposição de electrum (Figura VII.3-G). Estes episódios podem ilustrar o efeito da partição preferencial de H_2S para a fase de vapor durante eventos de despressurização, apontada por Shepherd *et al.* (1989). Efectivamente, a precipitação de electrum tende a acompanhar a deposição de galena (**Gn I**) e sulfossais de Sb (**Ttr** e **Ulm I**), logo após esfalerite (**Sp I**) e calcopirite (**Ccp Ia**). Quando espacialmente relacionados com a deposição de electrum, os grãos de **Sp I** tendem a apresentar enriquecimento em Cd e, os agregados de **Gn I**, enriquecimento em Sb + Ag e empobrecimento em Fe. Importa lembrar a ocorrência de fases minerais ricas em Ag, como freibergite e pyrargyrite, esta última fase mineral igualmente reconhecida por Shepherd (1990). Embora a coprecipitação de arsenopirite e electrum ocorra apenas de forma pontual, estas fases tendem a coexistir de forma sistemática, visto que são controladas pelas mesmas estruturas. Acentuando esta coexistência espacial, as superfícies dos grãos de arsenopirite tendem a funcionar como armadilhas geoquímicas, constituindo, por motivos de natureza electroquímica, locais preferenciais para a adsorção de Au (Moller, 1993), explicando a relação espacial descrita por Cerveira (1947). Finalmente, as estruturas mineralizadas, tendem a abrir em regime transtensivo (Figura VII.3-N1), permitindo o crescimento de **Dol** + **Gn II** + **Ag_xS_y** (acantite?). A precipitação de dolomite é compatível com o empobrecimento em Fe registado em **Gn II** (Figura XI.1).

Os efeitos resultantes dos episódios mineralizantes descritos contrastam de forma acentuada, a nível textural e mineralógico com o observado em contexto do encaixante metassedimentar. Tal deve-se essencialmente a diferentes taxas de escoamento e renovação de fluido hidrotermal, e gradientes químicos locais⁵⁵. Na rocha encaixante, após disseminação de **Apy II**, por força do escoamento limitado de fluido e consequente incremento da pressão de fluidos, verifica-se abertura de espaços intergranulares em agregados de **Qz V** e precipitação de **Py Ia** ± **Qz VII**, seguida de **Cb Ia** ± **Ms Iib**. Pontualmente, face às condições de sobrepressão de fluidos, registam-se eventos de cedência frágil dos agregados de **Qz V** e o desenvolvimento de corredores de cisalhamento discretos que conduzem à forte cominuição dos agregados de **Py I** e **Cb Ia** (Figura VII.4-E). Seguidamente, depositam-se diversas fases sulfuretadas (**Py Ib**, **Sp I**, **Ccp I**, **Gdf I**, **Gn I**, **Mrc I**) correlacionáveis com o evento de deposição aurífera em contexto filoniano. A precipitação dessas fases (bem como de **Apy II** e **Py Ia**) é tanto mais significativa quanto maior é a permeabilidade do meio rochoso ao escoamento de fluido hidrotermal, ou seja, é potenciada em zonas com contrastes termomecânicos, como acontece na proximidade de fendas subconcordantes com S_0 , que tendem a comportar-se como corpos rígidos no seio da matriz metassedimentar (adicionalmente, apresentam predisposição espacial para serem reactivadas, face à semelhança de orientações entre a estratificação e os corredores estruturais activos) [Figura VII.4-B]. Este processo mimetiza, à microescala, o desenvolvimento de horizontes sulfuretados ao longo dos bordos dos filões com pendor para NE (**Qz V**) [Figura VI.3-D]. Por conseguinte, as fases sulfuretadas tendem a concentrar-se em níveis pelíticos, não apenas por apresentarem gradientes de Eh favoráveis (ambiente essencialmente redutor), mas também por motivos de natureza mecânica. Localmente, a circulação prolongada de fluido hidrotermal pelas sequências pelíticas desencadeia reacções de substituição, dando origem à associação: **Ms Ic** + **Chl I** + **Rt**⁵⁶ ± **Cb Ib**. Finalmente, a precipitação de agregados **Ms II** + **Chl II**, associada a reactivação dos planos de estratificação, é interpretada como processo análogo ao da reabertura das estruturas mineralizadas e preenchimento por **Dol** + **Gn II** + **Ag_xS_y** em contexto filoniano, registando-se em ambos os casos dilatação/abertura de descontinuidades pré-existentes com orientação espacial similar.

⁵⁵ A fraca correlação entre conteúdos de F e catiões divalentes observado para todas as gerações de mica/ilite sugere que a disponibilidade destes catiões é essencialmente governada por gradientes químicos locais, presumivelmente sob condições de escoamento de fluido limitado e razões água/rocha baixas.

⁵⁶ A precipitação de rútilo (ou outro polimorfo de TiO_2) sugere mobilização de Ti, contudo, face aos dados de litogeoquímica disponíveis, a importância desta remobilização no contexto do evento mineralizante não pôde ser devidamente avaliada.

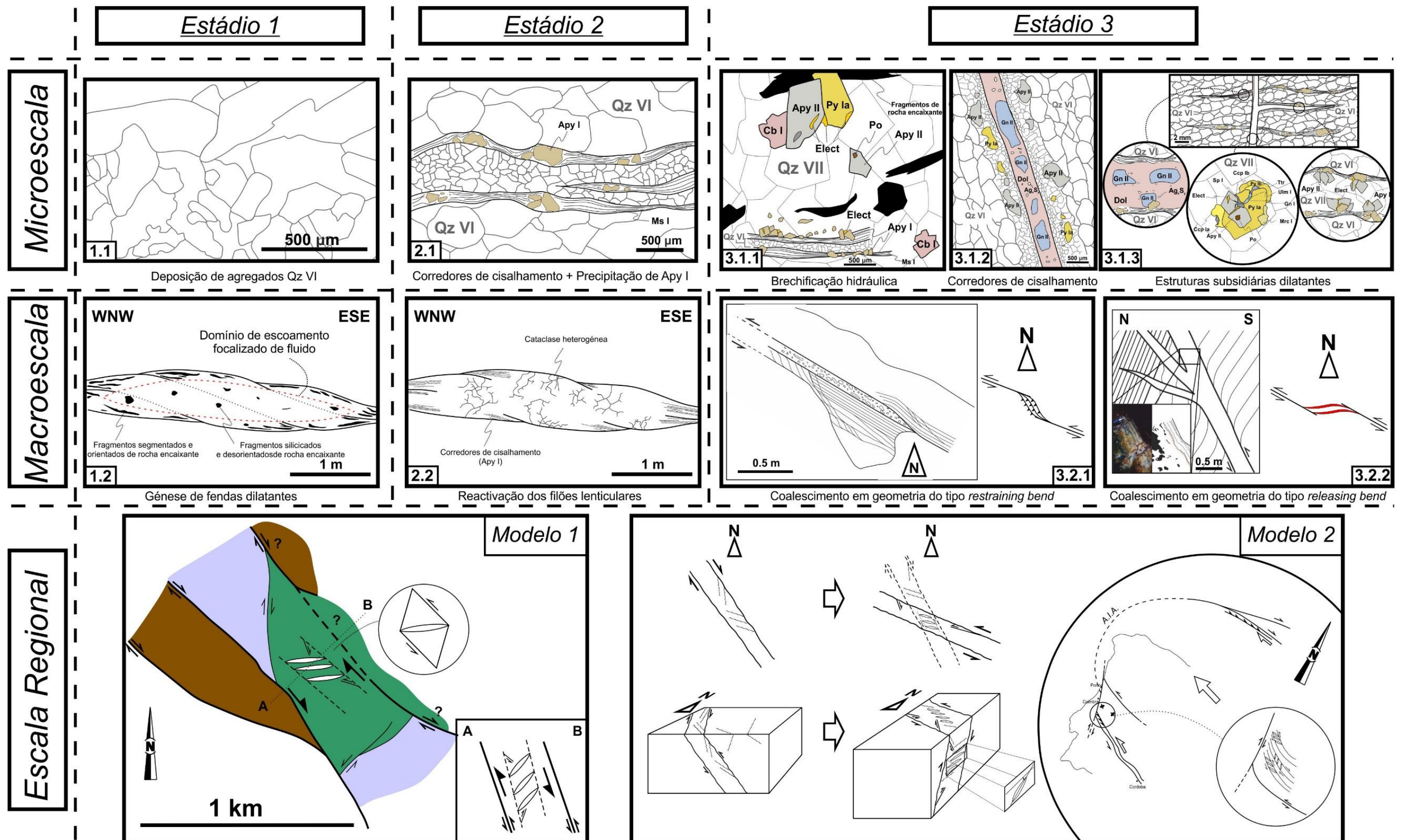


Figura XI.1 – Representação esquemática da evolução das estruturas geradas na dependência do corredor de cisalhamento WNW-ESE/NW-SE esquerdo principal, procurando simultaneamente paralelizá-la com o modelo tri-etápico proposto em Noronha et al., (2000). O Estádio 1 marca a instalação dos corpos filonianos lenticulares (Qz VI; 1.1) e geração canais de escoamento focalizado de fluido hidrotermal, preservando fragmentos segmentados de rocha encaixante nas zonas de biselamento (1.2). O Estádio 2 regista a fragmentação não uniforme (2.2) dos filões lenticulares (face à estruturação interna anteriormente adquirida) e deposição tardia de Apy I (2.1). O Estádio 3 marca a propagação e coalescimento das falhas WNW-ESE com pendora para SSW com geometria diferente em função do escalonamento dessas discontinuidades (3.2.1 e 3.2.2); na intersecção com os filões pré-existentes podem ocorrer fenômenos de brechificação hidráulica (3.1.1), levando à precoce deposição de electrum, e génese de estruturas de fecho (3.1.2) ou fendas subsidiárias dilatantes (3.1.3). Os modelos dinâmicos baseiam-se na cartografia elaborada por Carvalho (1988a) [Modelo 1] e no mapa tectónico proposto em Burg et al., (1981).

Após o evento mineralizante principal, desenvolvem-se preenchimentos tardios nas sequências metassedimentares encaixantes, inicialmente marcados pela precipitação de **Qz VIIIa + Chl III ± Ab**, imediatamente seguida da deposição de **Cb IIIa + Ms IVa**, acompanhada por diversas fases sulfuretadas (**Py III, Mrc II, Sp IIIa, Ccp IIa, Gn IIIa, Gdf II, Mlr**) e, pontualmente, **Xtm** [Figura VII.6-C]. Estes preenchimentos selam o espaço decorrente da reabertura (por vezes, acompanhada de brechificação) de estruturas pré-existentes, nomeadamente de 2ª e 4ª geração, denotando-se relação espacial íntima com os precipitados **Qz IV**. Tal relação, acrescentando o facto de as estruturas mineralizadas não se encontrarem afectadas por estes preenchimentos, pode sugerir alteração da orientação do campo de tensões, adquirindo disposição semelhante àquela que condicionou o desenvolvimento das fendas de **Qz IV** no maciço rochoso. Posteriormente verifica-se neoformação de fendas de tracção e faixas de brechificação (hidráulica) preenchidas por **Cb IIIb + Ms IVb + Qz VIIIb**, acompanhado de sulfuretos (**Sp IIIb, Ccp IIb, Gn IIIb**), sulfossais (**Ulm II, Bnn**) e fosfatos (**Ap, Mnz**). Tal é interpretado como o efeito da nucleação e propagação do sistema conjugado tardio composto por falhas: **(3)** E-W com pendor para N e cinemática inversa esquerda; e **(4)** N-S com pendor para E e cinemática inversa direita. As estruturas conjugadas observadas à microescala (Figura VII.4-Z) deverão corresponder a efeitos decorrentes da movimentação deste sistema frágil tardio.

Os diferentes impulsos mineralizantes, bem como os preenchimentos siliciosos tardios (**Qz VIIIa**), encontram-se sublinhados pela precipitação de agregados de clorite, em contexto metassedimentar (Figura VII.6-B), adequados para a estimação das condições térmicas do sistema mineralizante. Contudo, a composição destes agregados não reúne as condições necessárias para garantir a aplicabilidade do geotermómetro proposto por Bourdelle *et al.* (2013), uma vez que os conteúdos significativos em Zn e Mn conduzem a uma falsa estimativa de Fe^{3+} (os agregados não contêm Fe^{3+}), invalidando a condição ideal: $[Al^{vi} + (Fe^{3+})^{vi}] - Al^{iv} = 2 - \square^{vi}$. Por outro lado, os conteúdos baixos em sílica ($Si < 3 \text{ a.p.f.u.}$) possibilitam a aplicação do modelo de Vidal *et al.* (2001) que, ao contrário do geotermómetro anterior, não estima a quantidade de Fe^{3+} , pressupondo apenas a sua ausência. De modo a comparar valores de temperatura, recorreu-se também ao modelo empírico de Jowett (1991), formulação que melhor se aproxima dos valores de temperatura medidos em sistemas geotérmicos actuais, estimando temperaturas com base no conteúdo em Al^{vi} (Cathelineau, 1988) e considerando as trocas catiónicas entre iões divalentes na mesma posição (Figura XI.2).

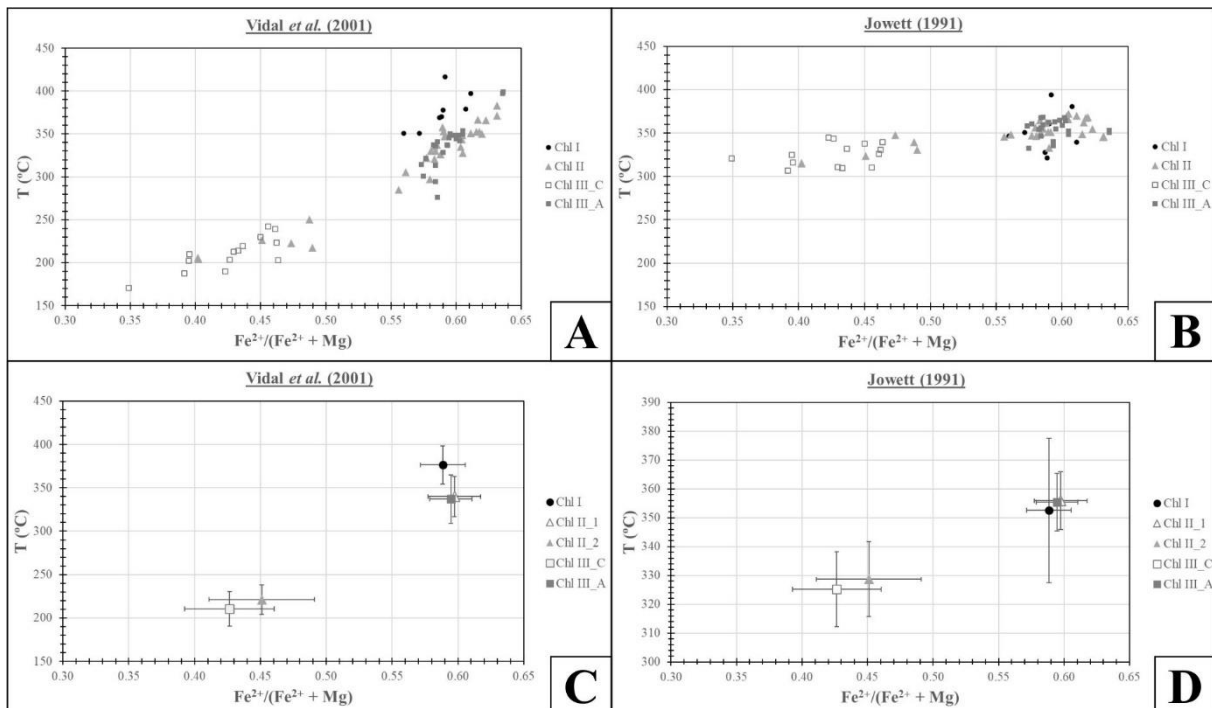


Figura XI.2 – Cálculo de temperaturas para as diferentes gerações de agregados de clorite através do modelo de Vidal et al. (2001) [A e C] e do geotermómetro empírico de Jowett (1991) [B e D]. Os valores de temperatura e $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ obtidos para ambos os modelos (A e B) apresentam distribuição essencialmente normal; assim, projectaram-se os valores médios e respectivos desvios-padrão para cada geração de Chl (C e D). Os dois agrupamentos de pontos resultantes da projecção dos agregados de Chl II foram tratados separadamente (Chl II_1 e Chl II_2). Nota: foram descartadas 3 análises de Chl III_A pelo facto de, através do geotermómetro de Vidal (2001), se obterem valores de temperatura inverosimilmente elevados, sugerindo que o modelo de solução sólida subjacente à aplicação do geotermómetro poderá não ser o mais adequado; estas análises não foram consideradas para o modelo de Jowett (1991)

Os cálculos realizados revelam que os agregados de clorite correlacionáveis com o evento mineralizante principal (**Chl I**) tendem a reflectir valores de temperatura mais elevados que os restantes ($\approx 375^\circ\text{C}$), segundo o modelo proposto por Vidal *et al.* (2001); o geotermómetro de Jowett (1991), por outro lado, estima valor médio mais baixo ($\approx 350^\circ\text{C}$), embora com maior dispersão associada. Os agregados de **Chl II** registam temperaturas igualmente elevadas e indícios de declínio térmico do sistema ao longo da sua precipitação ($\approx 340^\circ\text{C}$ a $\approx 220^\circ\text{C}$ ou $\approx 355^\circ\text{C}$ a $\approx 330^\circ\text{C}$, consoante o geotermómetro utilizado). Nos preenchimentos minerais tardios, a precipitação de clorite inicia-se com a deposição de agregados com cor de interferência anómala castanha (**Chl III_C**) que assinalam valores de temperatura idênticos aos de **Chl II_2** ($\approx 210^\circ\text{C}$ e $\approx 325^\circ\text{C}$, segundo modelos de Vidal *et al.*, 2001 e de Jowett, 1991, respectivamente); posteriormente, a precipitação de agregados de clorite vermicular com cor de interferência anómala azul (**Chl III_A**), frequentemente acompanhada por **Py III** e/ou **Mrc II**, marca o incremento repentino da temperatura do sistema, registando valores equivalentes aos obtidos para agregados **Chl I** e **Chl II_1** ($\approx 340^\circ\text{C}$ e $\approx 355^\circ\text{C}$, segundo modelos de Vidal *et al.*, 2001 e de Jowett, 1991, respectivamente). Apesar da discrepância de valores de temperatura estimados para os dois geotermómetros, sobretudo em agregados de **Chl II_2** e **Chl III_C**, em ambos os modelos se regista a mesma tendência de evolução térmica do sistema mineralizante: **(A)** evento de mineralização aurífera principal a temperaturas ligeiramente acima de 350°C ; **(B)** evento de dilatação marcado por deposição argentífera tardia (sulfuretos de prata) e progressivo declínio térmico até valores da ordem de 220 - 210°C ; **(C)** evento hidrotermal tardio registando rejuvenescimento térmico do sistema. A precipitação de **Py III** e **Mrc II**, para além de marcar o rejuvenescimento térmico do sistema, regista a incorporação de quantidades menores de Ni e Co; sendo esta tendência geoquímica subsequentemente denunciada pela deposição pontual de fases niquelíferas como **Mr** e **Gdf II**. A neoformação de albita, seguida de grandes quantidades de carbonato rico em Fe e Mn (**Cb IIIa,b**) com pontuais fases fosfatadas (**Xtm**, **Ap**, **Mnz**) sugere incremento da disponibilidade de Na, influência de fluidos com elevada pressão parcial de CO_2 , e *input* de P, F e ETR, respectivamente; a precipitação de sulfuretos e sulfossais acessórios é interpretada como resultado da libertação do conteúdo metalífero residual no fluido. Neste âmbito acresce referir que a amplitude global dos valores de temperatura obtida com base na composição das clorites se revela consistente com o intervalo obtido por Shepherd *et al.* (1989) e Gomes *et al.* (2019) para as temperaturas de homogeneização global de inclusões fluidas em agregados de quartzo hospedeiros dos sulfuretos e sulfossais: 356°C a 124°C para fluidos aquosos de baixa salinidade (2-5 wt% eq. NaCl); e 294°C a 124°C (com maior incidência no intervalo 280 - 200°C) para fluidos aquo-carbónicos de baixa salinidade (< 11 wt% eq. NaCl) homogeneizados em fase líquida.

Murphy & Roberts (1997) atribuem o desenvolvimento do sistema mineralizante de Escádia Grande ao período de metamorfismo prógrado sin- D_3 . Estes autores defendem ainda que o pico metamórfico é seguido de episódios de fracturação concomitantes da instalação de corpos graníticos tardi- D_3 , reunindo-se condições para o escoamento de fluido hidrotermal e génese de precipitados hidrotermais. Segundo a sua descrição, estes preenchimentos encontram-se pouco afectados ou mesmo isentos de deformação e são interpretados como um evento de remobilização aurífera tardio à escala regional. Nestes preenchimentos, os autores detectam a presença de inclusões fluidas aquo-carbónicas e inferem que a sua ocorrência é consequência do metamorfismo de contacto de sequências metapelíticas associado à intrusão dos corpos granitoides; explicam a libertação de fluidos de H_2O - CO_2 - CH_4 - N_2 -(NaCl) que

rapidamente se separam em componentes $H_2O(-NaCl)$, aquosa, e $CO_2-CH_4-N_2$, carbônica. Esta sequência de eventos é compatível com o rejuvenescimento térmico inferido e com os efeitos de depressurização recorrente durante a instalação dos preenchimentos tardios. Pode ainda explicar a súbita disponibilidade de Na que possibilita a deposição de albita, e o diacronismo da precipitação de quantidades significativa de carbonato. Adicionalmente, Yongliang & Yusheng (1991) defendem que os ETR são passíveis de mobilização por fluidos ricos em espécies como HCO_3^- e CO_3^{2-} . Zhou *et al.* (2016) demonstram, embora para condições térmicas substancialmente mais elevadas, que a presença de CO_2 potencia a solubilização de fases fosfatadas, nomeadamente as portadoras de elementos como La e Y, comparativamente com soluções apenas com Cl; acrescentam ainda que o aumento da disponibilidade de Na pode igualmente incrementar as taxas de solubilização. Assim, apesar de extremamente insolúveis a baixa temperatura, é plausível admitir que o *input* de P, F e ETR no sistema resulte da remobilização de fases pré-existent nas sequências metassedimentares. O progressivo decréscimo da temperatura e da pressão parcial de CO_2 concorreria para a precipitação destas fases minerais, verificando-se primeiramente a deposição de **Xtm** (associado a **Cb IIIa**). As evidências até agora expostas não são suficientes para descartar a possibilidade de este *input* poder resultar de contribuição magmática, porém a incorporação de Co e Ni em pirite pode ser utilizada para estimar a natureza dos fluidos envolvidos na sua precipitação, nomeadamente através da razão Co/Ni (Bralia *et al.*, 1979): **Py III** e **Mrc II**, cuja precipitação marca o início do rejuvenescimento térmico do sistema, apresentam valores medianos da razão Co/Ni baixos (< 1), sugerindo circulação de fluido hidrotermal de filiação metamórfica predominante nas sequências metassedimentares (Zhang *et al.*, 2014). Todas estas inferências são consistentes com os resultados isotópicos apresentados em Shepherd *et al.* (1989), a saber: (i) $\delta^{13}C_{PDB} \approx -15\text{‰}$ em carbonatos (filões mineralizados e rochas metassedimentares), denunciando equilíbrio químico sob 350-250°C entre fluidos mineralizantes e metassedimentos ricos em C e CH_4 ; (ii) $\delta^{34}S_{CDT} \approx +5\text{‰}$ em sulfuretos (Py, Apy, Sph) que, contrastando com os valores isotópicos apresentados pela pirite disseminada nos metassedimentos encaixantes não silicificados ($\delta^{34}S_{CDT} \approx -11\text{‰}$), justifica a necessidade de invocar uma fonte adicional de enxofre para o fluido interveniente na deposição dos sulfuretos nas estruturas mineralizadas; e (iii) $\delta^{18}O_{SMOW} \approx +17,5$ a $+19,1\text{‰}$ em quartzo das estruturas mineralizadas que, não diferindo significativamente dos valores obtidos para agregados de quartzo nas rochas encaixantes ($\delta^{18}O_{SMOW} \approx +14,0$ a $+17,3\text{‰}$), indiciam fontes metamórficas preponderantes para os fluidos ($\delta^{18}O_{FLUIDO} \approx +5,1$ a $+12,3\text{‰}$, aceitando o intervalo de temperatura 350-250°C), consistentes com as medidas de δD_{SMOW} obtidas para inclusões fluidas (variáveis entre -13 e -19,7‰).

Em termos dinâmicos, interpreta-se que a direcção de compressão máxima que governou a evolução do corredor de cisalhamento NW-SE/WNW-ESE durante o evento mineralizante principal (próxima de ENE-WSW) tenha rodado no sentido sinistrogiro, aproximando-se de NE-SW durante o período tardi-D₃ (Marques *et al.*, 2002). Nestas condições o corredor de cisalhamento é reactivado com componente inversa dominante e fraca componente de desligamento direito. Inicialmente ter-se-á criado um regime dilatacional geral em todo o maciço, em condições de elevada pressão hidráulica. Face à relutância em reactivar as estruturas frágeis pré-existent, verifica-se reabertura das estruturas pré-existent (**Qz IV** e, mais raramente, **Qz II**) com cedências locais do material rochoso, marcadas por eventos de brechificação. Posteriormente, a deformação progride desenvolvendo o novo sistema conjugado de falhas com orientação ajustada ao novo regime tensorial imposto ao corredor de cisalhamento.

Relativamente à rocha ígnea, a sua instalação deverá ser algo tardia, visto que corta a xistosidade e as crenulações geradas aquando do dobramento dos filonetes da 2ª geração de estruturas, se encontra isenta de *fabric*, e engloba fragmentos de quartzo com características ópticas idênticas às da 5ª geração de preenchimentos (Figura VII.5-J). Carvalho (1988a) afirma inclusivamente que a sua intrusão é condicionada pelas falhas com pendor SSW. A associação de pirite ao processo de carbonatação sugere

que esse evento seja contemporâneo daquele que concorre para a deposição de **Cb Ia ± Ms Ib** em espaços inter a transgranulares de agregados de **Qz V**. Nessa situação, o escoamento de fluido processa-se essencialmente ao longo das fracturas intergranulares na rocha ígnea; contudo, em vez da precipitação de carbonato, são desencadeados mecanismos difusivos, por força dos fortes gradientes químicos entre a rocha e o fluido hidrotermal, que concorrem para a alteração e substituição da mineralogia primária, culminando na carbonatação do corpo intrusivo. O facto de os efeitos resultantes da carbonatação da rocha ígnea se encontrarem afectados apenas por estruturas posteriores à precipitação de **Cb Ia ± Ms Ib** (Figura VII.5-I) acentua a verosimilidade desta conjectura.

A projecção espacial de teores sugere relação espacial entre teores em Au e as estruturas frágeis com inclinação para SSW, e as afinidades inter-elementares são, em geral, compatíveis com o conjunto de elementos destacado por Santos Oliveira (1991) para a delimitação de alvos em campanhas de litogeoquímica. O mesmo autor não inclui o Cu e, de facto, a correlação espacial deste elemento com os restantes não é clara. Porém, o mesmo se tende a verificar para o Zn e este é apontado como elemento-guia por Santos Oliveira (1991). Considera-se, alternativamente, que o Pb constitui um elemento mais adequado para discriminar domínios potencialmente mineralizados, tendo em conta não apenas a distribuição espacial de teores, como também os dados paragenéticos compilados.

Finalmente, apesar de as falhas com pendor para SSW corresponderem aos principais canais de escoamento de fluido mineralizante, o tratamento de dados de litogeoquímica demonstra claramente o incremento de teores associado às estruturas filonianas lenticulares pré-existentes (armadilhas estruturais), onde se reúnem condições para fracturação, pontualmente brechificação (hidráulica), e, consequentemente, escoamento focalizado de fluido sob razões água/rocha elevadas. As intersecções registadas nas sondagens EG1807 e EG1701 podem indicar continuidade das estruturas potencialmente mineralizadas para o quadrante NW. Adicionalmente, a intersecção mais profunda da sondagem EG1703 sugere continuidade dos corpos filonianos em domínios subjacentes ao piso mais profundo da exploração, porém, não são intersectadas estruturas possantes de quartzo pela sondagem EG1704. Face à orientação e cinemática indicada para o corredor de cisalhamento NW-SE/NNW-SSE, é expectável que a continuidade deste metalotecto estrutural em profundidade ocorra no sentido NW; contudo, a génese das fendas processou-se em regime constritivo forte, de carácter muito local e sob elevada pressão de fluidos, estando, por isso, a sua continuidade espacial comprometida. Dada a similaridade de comportamento reológico da rocha ígnea e dos filões com pendor para NE com os corpos lenticulares, considera-se verosímil a reactivação local e a mineralização destas estruturas. A identificação de sectores de rocha metassedimentar com valores elevados para os agrupamentos elementares definidos pode servir de indicador de proximidade a domínios outrora responsáveis pelo escoamento focalizado de fluido hidrotermal; o controlo da disposição espacial e a cartografia das principais redes de escoamento (bem como de domínios de forte contraste termomecânico, como os filões lenticulares) é fundamental no processo de delimitação de novos alvos potencialmente mineralizados.

XII. Considerações Finais

Os resultados obtidos e respectiva interpretação conjunta permitem responder às questões expostas no capítulo introdutório deste relatório de estágio:

1. No sistema aurífero de Escádia Grande são reconhecíveis 8 gerações de quartzo associadas a diferentes eventos de deformação síncronos do dobramento regional [(**Qz I**) exsudação metamórfica, (**Qz II**) estiramento das zonas de charneira, (**Qz III**) contrastes mecânicos entre horizontes metassedimentares com reologia contrastante, (**Qz IV**) fendas associadas ao cisalhamento de flancos de dobra, (**Qz V**) reactivação de domínios pelíticos], da propagação/reactivação de corredor de cisalhamento NW-SE/NNW-SSE em regime dúctil/semi-frágil [(**Qz VI**) fendas de tracção *en échelon*, (**Qz VII**) reactivação das fendas de tracção e propagação cíclica de rede de fracturas responsáveis pela

canalização de fluido mineralizante], e do período tardio de reactivação frágil do maciço rochoso [(Qz VIIIa) reabertura de fendas pré-existent, (Qz VIIIb) nucleação/propagação de estruturas frágeis];

2. Os filões com geometria lenticular, até à data identificados como estruturas potencialmente mineralizadas, correspondem, de facto, ao metalotecto estrutural preponderante. Contudo, os filonetes subparalelos de arsenopirite (Apy I) precedem o evento mineralizante principal, podendo (ou não) funcionar apenas como armadilhas geoquímicas para adsorção de partículas de Au; por isso estas descontinuidades não devem ser encaradas como estruturas mineralizadas principais;

3. O *input* aurífero é, efectivamente, governado pelas falhas com pendor para SSW e os teores acentuam-se na intersecção com os corpos filonianos lenticulares. Tal não impede que o mesmo possa acontecer com outras estruturas competentes, como corpos intrusivos e filões de Qz V. Os domínios de coalescimento com geometria *releasing bend* devem ser igualmente vistos como potenciais alvos, pois representam zonas de dilatação propícias à acomodação de precipitados hidrotermais potencialmente mineralizados.

Vários são os tópicos ainda em aberto, pelo que se propõe a realização de:

- ✓ Cartografia à escala regional no sentido de melhor caracterizar o(s) corredor(es) de cisalhamento envolvido(s) no controlo do dispositivo estrutural mineralizado. O estudo deste(s) alinhamento(s) permitirá a determinação da continuidade espacial do metalotecto estrutural e investigar se os arranjos estruturais de carácter local são reproduzíveis noutras zonas do(s) corredor(es) de cisalhamento;

- ✓ Nova campanha de amostragem de litogeoquímica direccionado para: (i) diferentes fácies metassedimentares isentas de alteração hidrotermal, e (ii) as várias gerações de preenchimentos. Desta forma, respectivamente, será possível estabelecer correctamente o fundo geoquímico local e atribuir assinaturas geoquímicas específicas a diferentes gerações de preenchimentos hidrotermais, diferenciando *inputs* mineralizantes dos *inputs* tardios estéreis. A inclusão de elementos como C e Si revela-se essencial para diferenciar as fácies e investigar um eventual controlo litológico da mineralização. Recomenda-se igualmente a investigação da importância da remobilização de Ti durante o evento mineralizante, podendo este constituir um factor relevante em campanhas de prospecção geoquímica;

- ✓ Estudo petrográfico e geoquímico da rocha ígnea identificada, no sentido de investigar a sua natureza e compreender em que contexto as espinelas cromíferas identificadas se inserem. Importa abordar também a forte alteração hidrotermal, investigando os balanços de massa no sentido de verificar a possibilidade de esta rocha constituir uma fonte metalífera importante;

- ✓ O estudo de inclusões fluidas em fluor-apatite e carbonatos tardios associados a Qz VIII pode revelar-se útil para averiguar a possibilidade de contribuição magmática nos *inputs* finais de P, F e ETR;

- ✓ Os teores atípicos, baixos mas consistentes, em Mo para todas as gerações de Py, Mrc, Ccp, Sp, deixam algumas reservas quanto à ocorrência de interferências analíticas, embora se tenham realizado testes expeditos como forma de despiste. Assim, propõem-se a reavaliação geoquímica destes sulfuretos em condições analíticas distintas.

Face ao carácter muito local do desenvolvimento das estruturas de suporte ao depósito Escádia Grande, caracterizado por condições específicas e restritas, em regime constritivo forte e elevada pressão de fluidos, considera-se pouco verosímil a acção significativa de mecanismos similares aos que concorreram para a abertura de descontinuidades e para escoamento de fluido hidrotermal nos domínios periféricos da exploração. Tal limita fortemente a continuidade espacial (lateral e em profundidade) do metalotecto estrutural portador de mineralizações com teores apreciáveis. Por esta razão, a menos que seja possível demonstrar a existência de outros corredores estruturais de maior continuidade espacial, se considera que futuros investimentos circunscritos ao depósito de Escádia Grande comportam risco elevado.

XIII. Referências Bibliográficas

- Arthaud, F., & Matte, P. (1975). Les décrochements tardi-hercyniens du sud-ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics* 25(1-2), 139-171.
- Boiron, M. C., Banks, D. A., Yardley, B. W. D., Noronha, F., & Miller, M. F. (1996). PTX conditions of late Hercynian fluid penetration and the origin of granite-hosted gold quartz veins in northwestern Iberia: A multidisciplinary study of fluid inclusions and their chemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60(1), 43-57.
- Bralia, A., Sabatini, G., & Troja, F. (1979). A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems. *Mineralium Deposita* 14(3), 353-374.
- Burg, J. P., Iglesias, M., Laurent, P., Matte, P., & Ribeiro, A. (1981). Variscan intracontinental deformation: The Coimbra – Cordoba shear zone (SW Iberian Peninsula). *Tectonophysics* 78, 161-177.
- Carvalho, J. H. (1988a). Cartografia geológica da área envolvente da mina da Escádia Grande. Relatório interno DGGM, 19.
- Carvalho, J. H. (1988b). Mina de Escádia Grande – Levantamento geológico e estrutural dos pisos 835 e 855. Relatório interno DGGM, 32.
- Cathelineau, M. (1988). Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay minerals* 23(4), 471-485.
- Cerveira, A. (1947). Notas sobre urna mina de ouro da serra da Louza. *Bol. Soco Geol. Portugal* VI, 3, 245-254.
- de Carvalho, D. (1992). Serviços-Carta Geológica de Portugal na escala 1/500.000. Serviços Geológicos de Portugal.
- Dias, R., & Ribeiro, A. (1995). The Ibero-Armorican Arc: a collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics* 246(1-3), 113-128.
- Dias, R., Ribeiro, A., Romão, J., Coke, C., & Moreira, N. (2016). A review of the arcuate structures in the Iberian Variscides; constraints and genetic models. *Tectonophysics* 681, 170-194.
- Diez-Balda, M. A., Vegas, R., & Liso-Rubio, M. J. (1992). La estructura del dominio de los pliegues verticales de la zona centro iberica. MJ Liso Rubio (ed.), *Paleozoico inferior de Ibero-America*, 523-534.
- Fuertes-Fuente, M., Cepedal, A., Lima, A., Doria, A., dos Anjos Ribeiro, M., & Guedes, A. (2016). The Au-bearing vein system of the Limarinho deposit (northern Portugal): Genetic constraints from Bi-chalcogenides and Bi–Pb–Ag sulfosalts, fluid inclusions and stable isotopes. *Ore Geology Reviews*, 72, 213-231.
- Gomes, E. M. C., Pereira, L. C. G., & Macedo, C. A. R. (1991). O Plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias, Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra* 112, 171-183.
- Gomes, E., Marcelo, J., Carvalho, P. C. S., & Moura, A. (2019). O filão de Au-Ag de Escádia Grande: mineralogia e inclusões fluidas. *Livro de Resumos do XII Congresso Ibérico de Geoquímica*, Évora, 293-296.

- Iglesias, M., & Ribeiro, A. (1981). Zones de cisaillement ductile dans l'arc ibéro-armoricain. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 67, 85-87.
- Inverno, C. (2002). Primary gold deposits in Portugal-" mesothermal" or epithermal? *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro* 89, 63-68.
- Jesus, A. P., Munhá, J., Mateus, A., Tassinari, C., & Nutman, A. P. (2007). The Beja layered gabbroic sequence (Ossa-Morena Zone, Southern Portugal): geochronology and geodynamic implications. *Geodinamica Acta* 20(3), 139-157.
- Jowett, E. C. (1991). Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. In GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto, May 27-29, 1991, Program with Abstracts 16.
- Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A., & Conde, L. (1972). Memoria del mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. *Inst Geol. Mineral. Esp.*, Madrid, 113.
- Lotze, F. (1945). Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta, *Geotekton Forsch* 6, 78-92
- Manuel, R. D. O. M. (2015). Contribuição da detecção remota para a prospecção de jazigos de Sn, W e Au na região de Góis (Dissertação de mestrado), Faculdade de Ciências e Tecnologia, 179.
- Marques, F. O., Mateus, A., & Tassinari, C. (2002). The Late-Variscan fault network in central–northern Portugal (NW Iberia): a re-evaluation. *Tectonophysics* 359(3-4), 255-270.
- Mateus, A. (1997). Condições de deposição hidrotermal de ligas de ouro e prata em desligamentos tardi-hercínicos: o Troço Transmontano da Falha Manteigas-Vilariça-Bragança como exemplo. Livro de Resumos da X Semana de Geoquímica-IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, 203-206.
- Mateus, A. (2001). Dinâmica de fluidos Tardi-Varisca: constrangimentos geodinâmicos e implicações metalogenéticas. Livro de Resumos da 7ª Conferência Anual do GGET, Instituto Geológico e Mineiro, 12-18.
- Mateus, A., & Barriga, F. J. A. S. (1991). Gold-silver mineralizations associated with the Vilariça fault, NE Portugal. In *Proc: Brazil Gold'91*, Balkema, 615-622.
- Mateus, A., Noronha F. (2001) - Late-Variscan crustal uplift of the Iberian Terrane as a response to isostatic rebound; implications for the brittle-ductile transition, fluid circulation and metallogenesis. *Mem. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Porto* 7, 295-298.
- Mateus, A., & Noronha, F. (2010). Sistemas mineralizantes epigenéticos na Zona Centro-Ibérica; expressão da estruturação orogénica Meso-a Tardi-Varisca. *Ciências Geológicas-Ensino e Investigação e sua história. Volume II, Geologia Aplicada, Capítulo I – Geologia e Recursos Geológicos*, 47-61.
- Mateus, A., Ribeiro, A., & Barriga, F. J. A. S. (1995). Pore fluid and seismogenic characteristics of fault rocks within the Vilariça Fault Zone (NE Portugal): Evidences for deep fluid circulation during the uplift of the Variscan continental crust. *Mem. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Porto* 4, 281-285.
- Meireles, C., Sequeira, A. J., Castro, P. F., & Ferreira, N. (2013). New data on the lithostratigraphy of beiras Group (Schist Greywacke complex) in the region of Góis-Arganil-Pampilhosa da Serra (Central Portugal). *Cadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe* 37, 105-124.
- Moller, P., 1993. Why is gold accumulated in pyrite- and arsenopyrite-rich mineralizations? An electrochemical approach. In: Hach-Ali, P.F., Torres-Ruiz, J., Gervilla, F. (Eds.), *Proceedings of the second biennial SGA meeting Current research in geology applied to ore deposits*, Granada, 503–506.

- Murphy, P. J., & Roberts, S. (1997). Evolution of a metamorphic fluid and its role in lode gold mineralisation in the Central Iberian Zone. *Mineralium Deposita* 32(5), 459-474.
- Neiva, A. M. R. (1992). Geochemistry and evolution of Jales granitic system, northern Portugal. *Chem. Erde* 52(225), 41.
- Noronha, F., Cathelineau, M., Boiron, M. C., Banks, D. A., Dória, A., Ribeiro, M. A., Nogueira, P., Guedes, A. (2000). A three stage fluid flow model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *Journal of Geochemical Exploration* 71(2), 209-224.
- Noronha, F., Ribeiro, M. A., Almeida, A., Dória, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H. C., Sant'Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R. & Vieira, R. (2013). Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (Norte de Portugal). In: *Geologia de Portugal: Geologia Pré-Mesozoica de Portugal*. Escolar Editora vol. 1, 403-438.
- Pereira, E., Ribeiro, A., & Meireles, C. (1993). Cisalhamentos hercínicos e controlo das mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona Centro-Ibérica, em Portugal, 31.
- Pinto, M. S., C. Casquet, E. Ibarrola, L. S. Corretgé, and M. P. Ferreira (1987), Síntese geocronológica dos granitóides do Maciço Hespérico, in *Geologia de los Granitoides y Rocas Asociadas del Macizo Hespérico: Libro Homenaje a L. C. Garcia de Figuerola*, edited by F. Bea et al., Rueda, Madrid, 69–86.
- Ribeiro, A., Quesada, C., & Dallmeyer, R. D. (1990a). Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In *Pre-mesozoic geology of Iberia*. Springer, Berlin, Heidelberg, 399-409.
- Ribeiro, A., Pereira, E., Dias, R., Ibarra, J. G., & Arenas, R. (1990b). Allochthonous sequences. In *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer, Berlin, Heidelberg, 220-246.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., Coke, C., & Pedro, J. (2007). Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. *Tectonics*, 26(6), 24.
- Rosa, D. R. N., & Romberger, S. B. (2003). Fluid evolution in the Jales Au district, northern Portugal. *International Geology Review* 45(7), 646-658.
- Santos Oliveira, J. M. (1991). The role of lithogeochemistry in the delineation of Au and Sn-W mineralization in schist terrains of the Gois region (Central Portugal). *Estudos, Notas e Trabalhos, Direcção Geral de Geologia e Minas* 33, 9-19.
- Sequeira, A., Cunha, P. P., & Sousa, M. B. (1997). A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Coja-Caramulo (Portugal Central). *Comunicações do IGM*, Tomo 83, 95-126.
- Sequeira, A. J. D., Gomes, E. M. C., & Gama Pereira, L. C. (2004). A deformação varisca do Maciço Hespérico na região da Serra da Lousã (Portugal Central). *Cadernos do Laboratório Xeológico de Laxe* 29, 203-214.
- Sequeira, A. J., & Sousa, M. B. (1991). O Grupo das Beiras (Complexo Xisto-Grauváquico) da região de Coimbra-Lousã. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol*, Univ. Coimbra 112, 1-13.
- Sheperd (1990). Escadia Grande Gold Deposit. Relatório interno da BGS, 5.
- Sheperd, T.J., Fortey, N. J., Bradley, D., Miller, M. F., Vickers, B. (1989). Hydrothermal Fluid Anomalies Project. Relatório interno da BGS, 13.
- Silva, A. and Ribeiro, A., 1985. Thrust tectonics of Sardinian age in the Alto Douro region (northeastern Portugal). *Comun. Serv. Geol. Port.* 71, 151-157.

- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. (2007). Notícia explicativa da folha 19-D, Coimbra-Lousã. Departamento de Geologia, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa, 71.
- Vidal, O., Parra, T., & Trotet, F. (2001). A thermodynamic model for Fe-Mg aluminous chlorite using data from phase equilibrium experiments and natural pelitic assemblages in the 100 to 600 C, 1 to 25 kb range. *American journal of Science* 301(6), 557-592.
- Vigneresse, J. L. (1995). Control of granite emplacement by regional deformation. *Tectonophysics* 249(3-4), 173-186.
- Vigneresse, J. L. (1999). Intrusion level of granitic massifs along the Hercynian belt: balancing the eroded crust. *Tectonophysics* 307(3-4), 277-295.
- Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist* 95(1), 185-187.
- Zhang, J., Deng, J., Chen, H. Y., Yang, L. Q., Cooke, D., Danyushevsky, L., & Gong, Q. J. (2014). LA-ICP-MS trace element analysis of pyrite from the Chang'an gold deposit, Sanjiang region, China: Implication for ore-forming process. *Gondwana Research* 26(2), 557-575.
- Zhou, L., Mavrogenes, J., Spandler, C., & Li, H. (2016). A synthetic fluid inclusion study of the solubility of monazite-(La) and xenotime-(Y) in H₂O-Na-K-Cl-F-CO₂ fluids at 800° C and 0.5 GPa. *Chemical Geology* 442, 121-129.

XIV. Anexos

Anexo 1 – Descrição das gerações de preenchimentos quartzosos identificados durante a reclassificação de testemunhos de sondagem

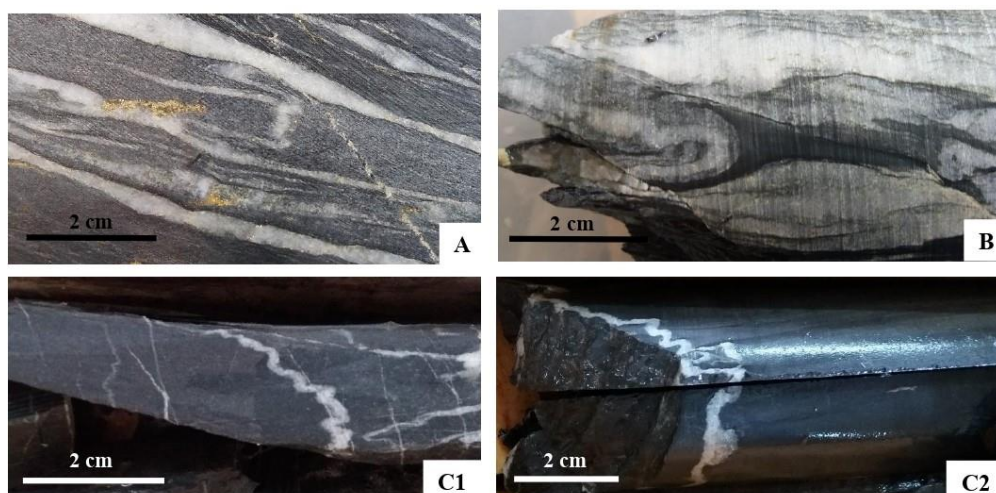


Figura XIV.1 – Estruturas correlacionáveis com a 2ª geração de quartzo: **A** – Filonetes de quartzo escuro dobrados e cortados por estruturas características da 3ª geração, tipicamente instaladas ao longo do S_0 (Sondagem EG1702); **B** – Filonete de quartzo dobrado envolvido por um halo de silicificação, instalado num fragmento de encaixante “aprisionado” numa faixa de coalescimento de fendas de quartzo + clorite, subparalela a S_0 , correspondente à 3ª geração de estruturas (Sondagem EG1702 – Amostra EG-09); **C** – Filonetes de quartzo escuro dobrados subperpendiculares a S_0 (Sondagem EG1704).

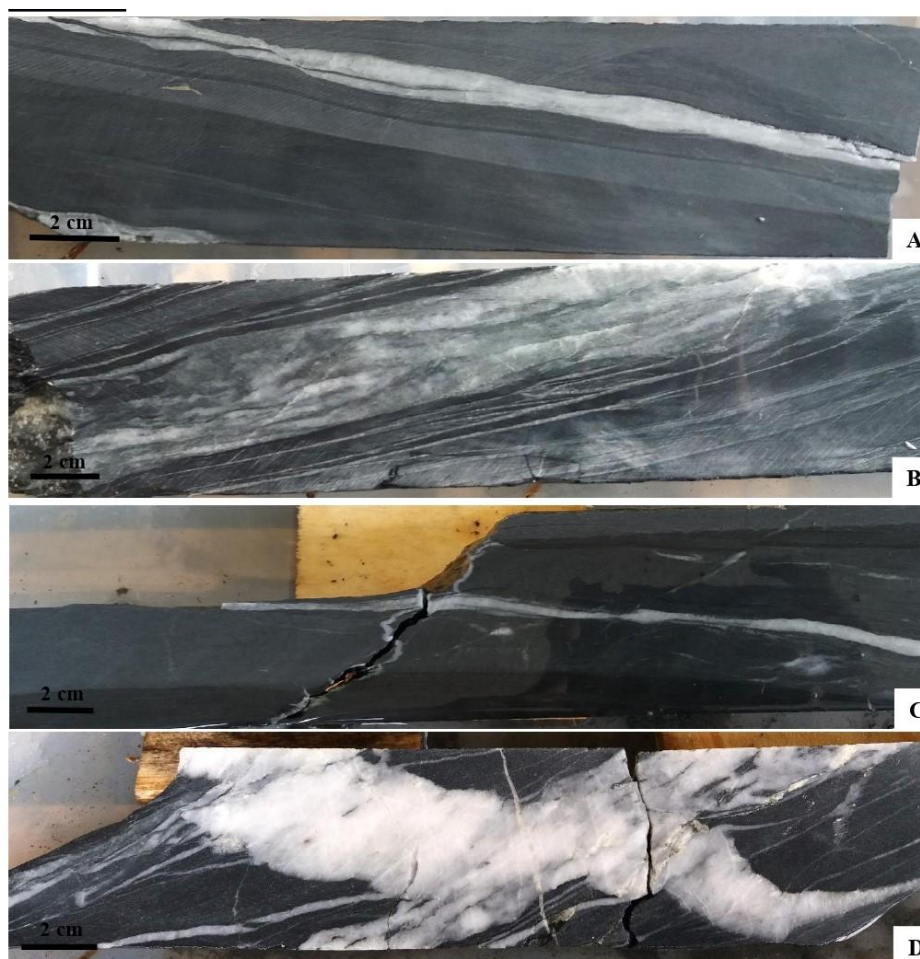


Figura XIV.2 – Estruturas correlacionáveis com a 3ª geração de quartzo: A – Quartzo escuro preenchendo estruturas cujo desenvolvimento é, de modo geral, co-planar da estratificação, englobando fragmento de encaixante (Sondagem EG1702 – Amostra EG-08); B – Faixa de coalescimento de fendas, registrando sucessivas aberturas, preenchidas por quartzo de tonalidade escura e clorite. Note-se a inclusão de fragmento segmentado de encaixante no qual se encontra preservado um filonete de quartzo dobrado atribuído à 2ª geração de estruturas (Sondagem EG1702 – Amostra EG-09); C – Veio de quartzo escuro, instalado ao longo de S_0 , cortando filonete dobrado pertencente à 2ª geração de estruturas (Sondagem EG1704); D – Faixas de coalescimento de fendas subparalelas à estratificação preenchidas por quartzo e clorite, cortadas por fenda oblíqua de quartzo, clorite e carbonato (Sondagem EG1704).

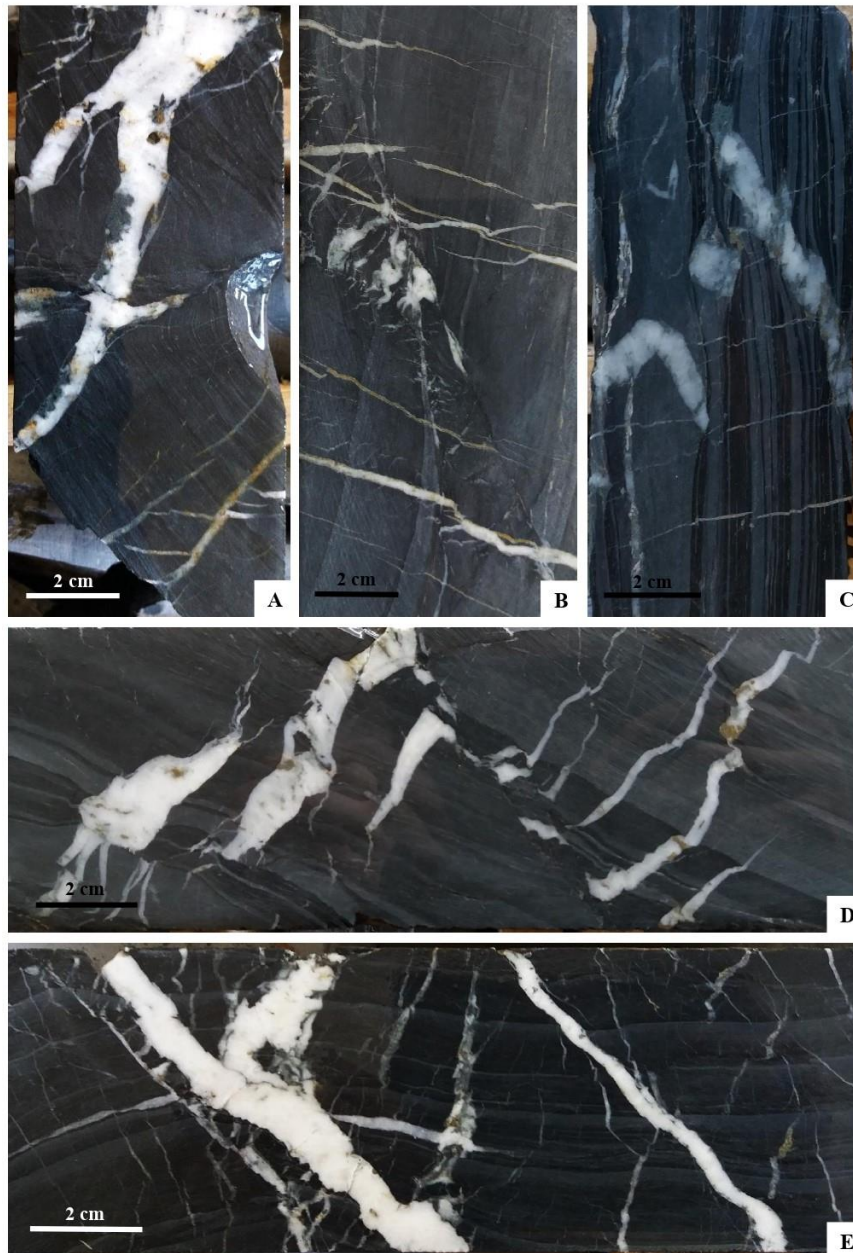


Figura XIV.3 – Estruturas correlacionáveis com a 4ª geração de quartzo: **A** – Fenda oblíqua a S_0 , desenvolvendo ângulo baixo com o eixo de sondagem, preenchida por quartzo leitoso, clorite, pirite e carbonato. Esta estrutura é cortada por fenda subperpendicular ao eixo longo do testemunho, com preenchimento mineral idêntico. Notar que o arranjo estrutural descrito é mimetizado a menor escala (Sondagem 1701 – Amostra EG-02); **B** – Fendas preenchidas por quartzo leitoso, clorite, pirite e ocasional carbonato, dispostas com ângulo baixo em relação à estratificação, posteriormente cortadas e rejeitadas por descontinuidade que estabelece ângulo próximo de 20° com o eixo de sondagem. Esta estrutura é subsequentemente intersectada por filonetes de quartzo, carbonato e pirite, subperpendiculares a S_0 , que rejeitam os diferentes níveis do encaixante xisto-grauvacóide (Sondagem EG1703); **C** – Veio de quartzo, clorite, pirite e carbonato rejeitado por movimentação ao longo das descontinuidades planares que materializam a estratificação, demonstrando que S_0 acomoda deformação após desenvolvimento das estruturas anteriormente identificadas. A rotação associada ao fragmento individualizado é compaginável com o rejeito verificado. Este veio é subsequentemente intersectado por fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato em “escamas”, instaladas ao longo dos planos de estratificação, integrando a 5ª geração de estruturas (Sondagem EG1703 – Amostra EG-03); **D** – Fendas de quartzo, clorite e pirite subperpendiculares a S_0 , cortadas e rejeitadas por família de descontinuidades angularmente distanciadas em cerca de 70° do eixo de sondagem (Sondagem EG1703). **E** – Fendas oblíquas a S_0 , preenchidas por quartzo, clorite e pirite. Estas estruturas cortam fendas de quartzo escuro instaladas ao longo do plano de estratificação (3ª geração) e são truncadas por veios de quartzo leitoso e carbonato (Sondagem EG1704 – Amostra EG-04)



Figura XIV.4 – Estruturas correlacionáveis com a 5ª geração de quartzo: **A** – Faixas de coalescimento de fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato instaladas ao longo dos planos de estratificação, englobando fragmentos segmentados de encaixante (Sondagem EG1702); **B** – Fendas de quartzo, carbonato e pirite concordantes com S_0 instaladas preferencialmente em domínios pelíticos (Sondagem EG1805); **C** – Fendas preenchidas por pirite hospedadas preferencialmente em leitos de composição pelítica (Sondagem EG1805); **D** – Fendas de quartzo e pirite instaladas em planos de estratificação, com evidências de coalescimento e inclusão de fragmentos segmentados de encaixante (Sondagem EG1703 – Amostra EG-06).

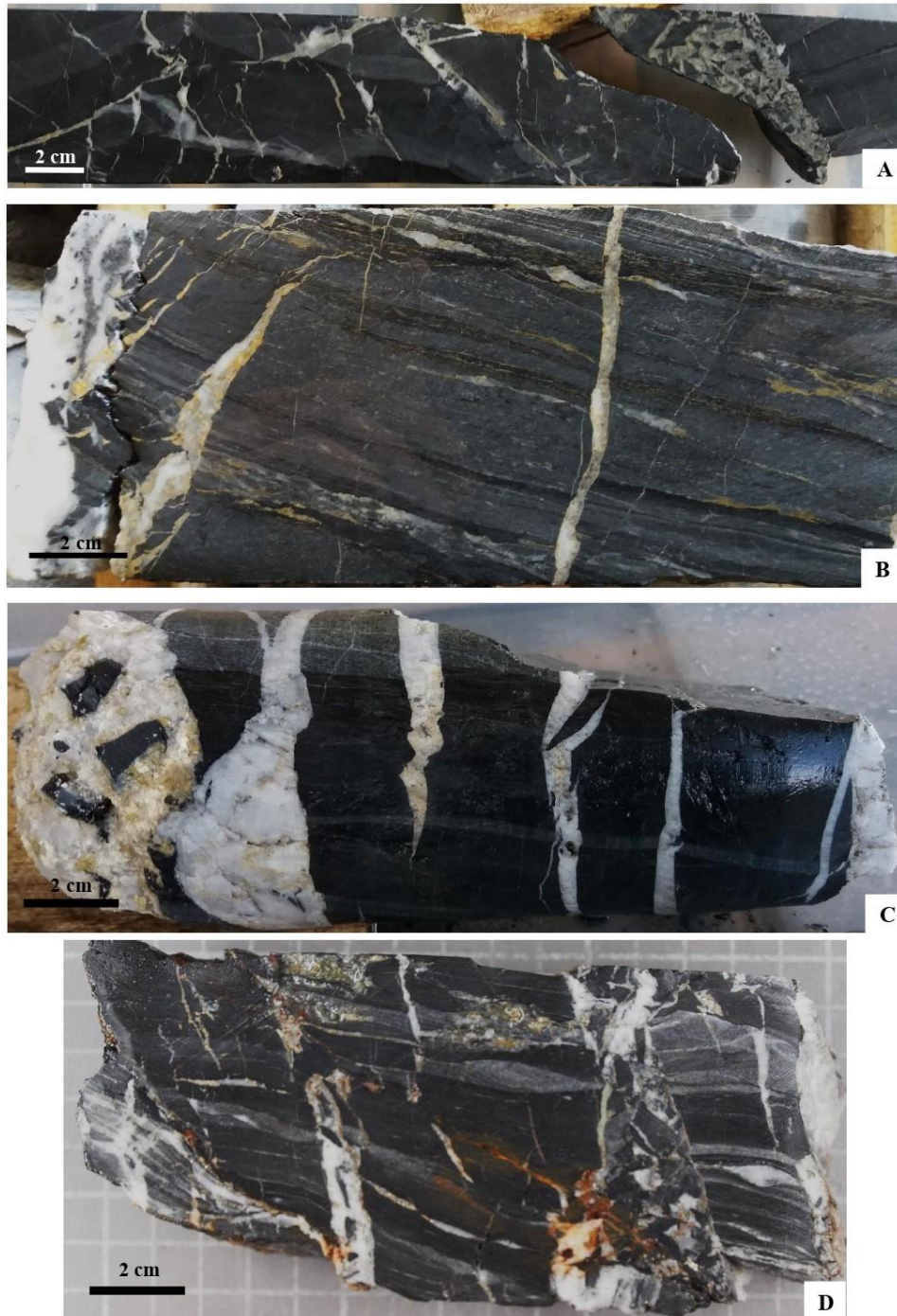
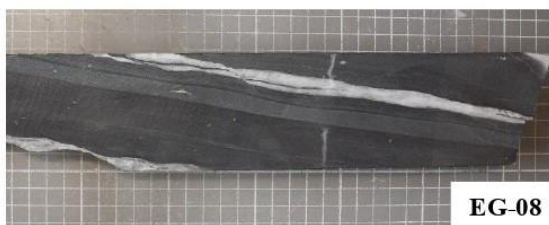


Figura XIV.5 – Estruturas correlacionáveis com a 6ª geração de quartzo: **A** – Precipitados de quartzo leitoso, acompanhados de carbonato, selando descontinuidades subperpendiculares a S_0 com evidências de brechificação. Verifica-se também a criação de espaços ao longo de planos de estratificação, subsequentemente colmatados pela mesma associação mineral. O enchimento mineral das diferentes estruturas é marcado pela presença de esfalerite (Sondagem EG1702 – Amostra EG-01); **B** – Fendas de carbonato e quartzo leitoso subperpendiculares a S_0 intersectando estruturas de 5ª geração preenchidas por pirite e quartzo + pirite, cujo desenvolvimento é condicionado pelos planos de estratificação. Estas estruturas são posteriormente truncadas por uma faixa de brechificação intensa, cimentada por quartzo leitoso e carbonato, com desenvolvimento subperpendicular ao eixo do testemunho de sondagem. Tal indica que a instalação desta geração de estruturas corresponde a um processo polifásico, decorrendo ao longo de vários impulsos (Sondagem EG1703); **C** – Fendas de quartzo leitoso e carbonato com disposição subperpendicular ao eixo de sondagem, que conservam fragmentos de rocha encaixante, sugerindo brechificação (Sondagem EG1805); **D** – Faixas de brechificação subperpendiculares a S_0 que cortam fendas de quartzo e pirite, instaladas nos planos de estratificação, pertencentes à 5ª geração de estruturas. Os fragmentos de rocha encaixante que integram as brechas são selados por quartzo leitoso e sulfuretos, maioritariamente pirite (Sondagem EG1704).



Figura XIV.6 – Estruturas correlacionáveis com a 7ª geração de quartzo: **A** – Fendas de tracção em échelon preenchidas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza (Sondagem EG1703 – Amostra EG-07); **B** – Fendas seladas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza. Notar a presença de leitos com elementos esferoidais, possivelmente de origem vulcanoclástica, concordantes com a estratificação (Sondagem EG1805 – Amostra EG-12); **C** – Fenda preenchida por agregados de carbonato euédrico e quartzo leitoso cortando bolsada irregular de quartzo escuro, possivelmente resultante de processos de exsudação metamórfica (Sondagem EG1703 – Amostra EG-11); **D** – Bolsadas de carbonato euédrico e quartzo leitoso preenchendo espaços vazios verosimilmente gerados através de reactivação do corpo brechóide pré-existente (Sondagem EG1703); **E** – Filonete de carbonato e galena a cortar filão de quartzo leitoso com fragmentos segmentados de encaixante aos quais se associam quantidades apreciáveis de arsenopirite (Sondagem EG1805 – Amostra EG-18).

Anexo 2 – Amostragem de testemunhos de sondagem



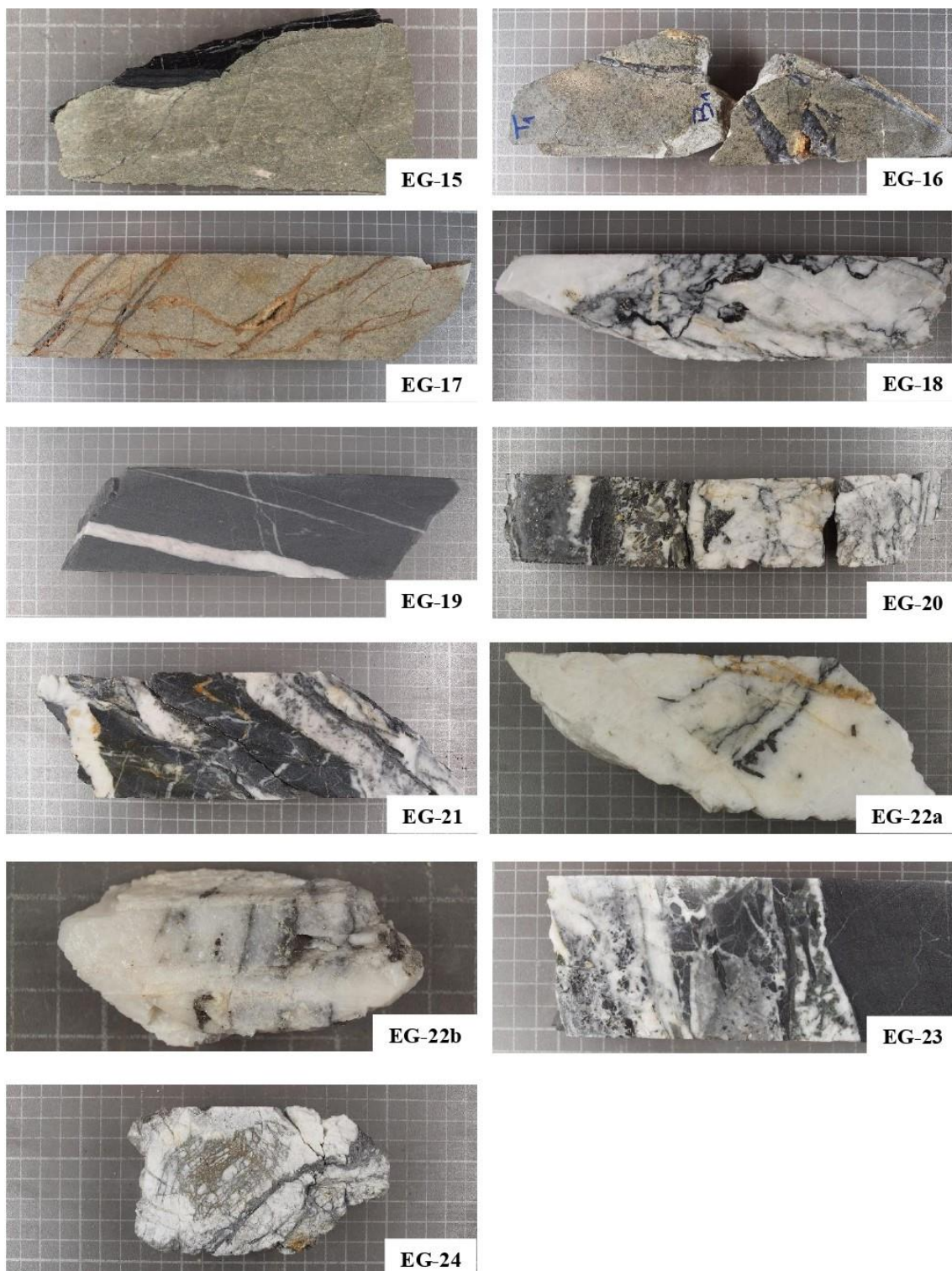


Figura XIV.7 – Amostras colhidas a partir de testemunhos de sondagem: **EG-01** – Preenchimento típico da 6ª geração de estruturas. Precipitados de quartzo leitoso, acompanhado de carbonato, selando descontinuidades subperpendiculares a S_0 com evidências de brechificação. Verifica-se também a criação de espaços ao longo de planos de estratificação, subsequentemente colmatados pela associação mineral anteriormente enunciada. O enchimento mineral das diferentes estruturas é igualmente marcado pela presença de esfalerite; **EG-02** – Preenchimento típico da 4ª geração de estruturas. Fenda oblíqua a S_0 , desenvolvendo ângulo baixo com o eixo de sondagem, preenchida por quartzo, clorite, pirite e carbonato. Esta estrutura é cortada por fenda subperpendicular ao eixo do testemunho, com preenchimento mineral idêntico. Notar que o arranjo estrutural descrito é mimetizado a menor escala na mesma amostra; **EG-03** – Veio de quartzo, clorite, pirite e carbonato (4ª geração) rejeitado por movimentação ao longo das descontinuidades planares que materializam a estratificação, demonstrando que S_0 acomoda deformação após o início da instalação de estruturas com preenchimentos quartzosos. A rotação associada ao fragmento individualizado é compaginável com o rejeito verificado. Este veio é subsequentemente intersectado por fendas preenchidas por quartzo, pirite e carbonato em “escamas”, instaladas ao longo dos planos de

estratificação, constituintes da 5ª geração de estruturas; **EG-04** – Fendas de quartzo escuro condicionadas por planos de estratificação (3ª geração) cortadas por estruturas oblíquas a S_0 preenchidas por quartzo, clorite e pirite (4ª geração). As últimas estruturas são subsequentemente truncadas por veios de quartzo leitoso e carbonato (6ª geração); **EG-05** – Veio de quartzo e clorite (\pm epidoto \pm feldspato?), concordante com S_0 . Esta estrutura inclui segmento fragmentado de rocha encaixante grauvacóide afectado por processos de silicificação, embora preservando fendas de quartzo escuro, instaladas ao longo de S_0 , possivelmente pertencentes à 3ª geração de estruturas; **EG-06** – Preenchimento típico da 5ª geração de estruturas. Fendas de quartzo e pirite instaladas nos planos de estratificação, com evidências de coalescimento e inclusão de fragmentos segmentados de encaixante pelítico; **EG-07** – Preenchimento típico da 7ª geração de estruturas. Fendas de tracção en échelon preenchidas por carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza; **EG-08** – Preenchimento típico da 3ª geração de estruturas. Quartzo escuro preenchendo estruturas cujo desenvolvimento é, de modo geral, co-planar da estratificação, englobando fragmento segmentado de rocha encaixante; **EG-09** – Faixa de coalescimento de fendas, registando sucessivas aberturas, preenchidas por quartzo de tonalidade escura e clorite (3ª geração). Note-se a inclusão de fragmento segmentado de encaixante no qual se encontra preservado um filonete de quartzo dobrado atribuído à 2ª geração de estruturas; **EG-10** – Relações de corte entre múltiplas gerações de estruturas. Filonete dobrado de quartzo escuro subperpendicular a S_0 (2ª geração) truncado por fendas seladas por quartzo, clorite, pirite e carbonato dispostas com baixo ângulo relativamente à estratificação. O conjunto anterior é intersectado por fendas de quartzo, clorite, pirite e ocasional carbonato oblíquas a S_0 (4ª geração) que, por sua vez, são cortadas por filonetes de quartzo e carbonato subperpendiculares ao eixo do testemunho. Finalmente, cortando as estruturas anteriores, verifica-se a instalação de fendas de quartzo leitoso, pirite e carbonato em “escamas” envolvidas em leito pelítico (5ª geração); **EG-11** – Fenda preenchida por agregados de carbonato euédrico e quartzo leitoso (7ª geração) cortando bolsada irregular de quartzo escuro, possivelmente resultante de processos de exsudação metamórfica (1ª geração); **EG-12** – Fendas de carbonato euédrico, quartzo leitoso e mineral de cor verde e baixa dureza (7ª geração). Notar a presença de leitos com elementos esféricos, possivelmente de origem vulcanoclástica, concordantes com a estratificação; **EG-13** – Veio de quartzo escuro dobrado com evidência de silicificação marcada pela presença de “sombas” quartzosas escuras invadindo o encaixante pelítico. Notar a presença de alinhamentos de sulfuretos ao longo dos planos de estratificação que penetram o veio dobrado de quartzo, aparentemente sem refracção significativa; **EG-14** – Rocha ígnea afectada por processos de carbonatação (e, eventualmente, silicificação), revelando fragmentos irregulares de quartzo com diferentes tonalidades, que possivelmente documentam encontros precoces, subsequentemente cortados e deslocados por descontinuidades estruturais discretas. O conjunto é cortado por filonete tardio de carbonato orientado com baixo ângulo relativamente ao eixo de sondagem; **EG-15** – Rocha ígnea truncando fendas de quartzo + pirite (5ª geração de estruturas), concordantes com S_0 e instaladas num horizonte de composição pelítica. Notar que o contacto do corpo intrusivo com o encaixante realiza baixo ângulo com os planos de estratificação; **EG-16** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro acompanhado de esfalerite; **EG-17** – Rocha ígnea cortada por filonetes de quartzo negro + carbonato + esfalerite e, subsequentemente, por veios de carbonato com crescimento mineral em espaço aberto; **EG-18** – Filão de quartzo leitoso englobando agregados escuros de filossilicatos aos quais se associam quantidades apreciáveis de arsenopirite. O conjunto é cortado por filonete de quartzo e carbonato subperpendicular ao eixo do testemunho e, posteriormente, por filonete de carbonato e galena angularmente mais próximo desse eixo; **EG-19** – Veio de quartzo e mineral de tonalidade rosada, acompanhados de quantidades subsidiárias de esfalerite e, possivelmente, galena, disposto com baixo ângulo relativamente ao eixo do testemunho; **EG-20** – Filão de quartzo leitoso com evidências de brechificação local. A brecha polimítica inclui não apenas fragmentos de material encaixante, como também de arsenopirite, e encontra-se cimentada por quartzo leitoso e carbonato. Notar a presença de filonetes escuros no seio filão (à direita), que podem corresponder a estruturas mineralizadas; **EG-21** – Veios de quartzo e clorite instalados nos planos de estratificação cortados por fendas de quartzo, clorite e carbonato ligeiramente oblíquas. Verifica-se a precipitação de sulfuretos ao longo de S_0 , dando origem a filonetes preenchidos unicamente por arsenopirite. Todo o conjunto é posteriormente intersectado por veio de quartzo leitoso e carbonato disposto subperpendicularmente ao eixo do testemunho. Este veios desenvolvem-se a muro de estrutura potencialmente mineralizada; **EG-22a** – Filonetes escuros potencialmente mineralizados, ricos em arsenopirite, e alinhamentos de arsenopirite grosseira cortados por filonetes de carbonato + quartzo e truncados por nova bolsada de quartzo leitoso; **EG-22b** – Filonetes de arsenopirite cortados por descontinuidades preenchidas por quartzo leitoso; **EG-23** – Faixa de brechificação, com fragmentos de rocha encaixante cimentados por quartzo e clorite, preservando evidências para fragmentação polifásica e diversos eventos de selagem. As diferentes tonalidades do quartzo suscitam a possibilidade de haver graus de endurecimento e recuperação dinâmica distintos (a confirmar com estudo petrográfico); **EG-24** – Brecha afectando filão de quartzo leitoso, subsequentemente cimentada por pirite (+ sílica?). Descontinuidade que corta o eixo do testemunho com ângulo próximo de 45° sendo preenchida por agregados negros de filossilicatos aos quais se associam quantidades importantes de arsenopirite. *Nota:* Esta constitui a única amostra colhida de uma sondagem que não integra as enunciadas no capítulo IV. Esta amostra pertence à sondagem EG1807.

Anexo 3 – Amostragem da colecção do IST

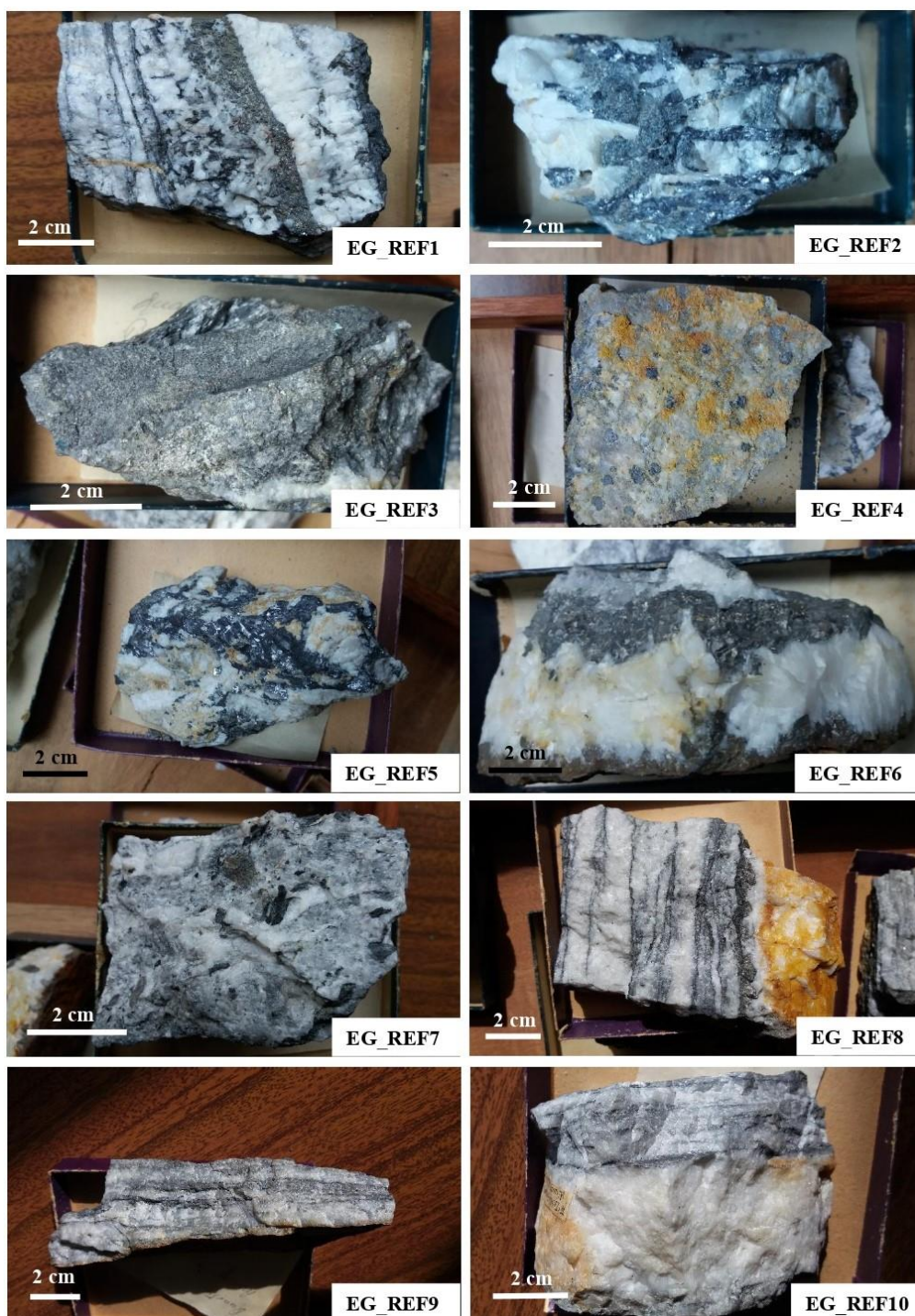


Figura XIV.8 – Amostras colhidas a partir da colecção do IST: EG REF1 – Filão de quartzo leitoso cujo desenvolvimento polifásico terá sido desencadeado por sucessão polifásica de eventos, preservando uma faixa central brechificada (acompanhada de precipitação de sulfuretos, nomeadamente arsenopirite) que possivelmente documenta a acção de sobrepressão de fluidos durante os estádios precoces de evolução do filão. Fenda tardia de carbonato corta filonetes preenchidos por agregados escuros de filossilicatos acompanhados de arsenopirite. Este conjunto é cortado subsequentemente por fendas preenchidas com galena e quantidades acessórias de carbonato; **EG REF3** – Faixa de brechificação marcando o bordo de filão. Durante o evento de brechificação ocorre precipitação de sulfuretos, essencialmente pirite e arsenopirite, espacialmente associada aos fragmentos pelíticos. A brecha encontra-se cimentada por quartzo com diferentes tonalidades; **EG REF4** – Quartzo com várias tonalidades cortado por filonetes de arsenopirite, potencialmente mineralizados. Subperpendicularmente a estes verifica-se a presença de descontinuidade com galena tardia desenvolvendo agregados “esferoidais”; **EG REF5** – Quartzo leitoso cortado por descontinuidades anastomosadas preenchidas por galena e carbonato. Localmente, registam-se efeitos imputáveis a eventos de cataclase que concorrem para a diminuição do quartzo, sendo os fragmentos subsequentemente cimentados pelas fases minerais anteriormente enunciadas; **EG REF6** – Veio de quartzo leitoso cortando e abrindo “corredor” de arsenopirite grosseira previamente desenvolvido, incluindo, inclusive, fragmento de agregado desta fase mineral; **EG REF7** – Brecha polimítica constituída por fragmentos de encaixante metassedimentar e de quartzo recristalizado, cimentados por agregados quartzosos de várias tonalidades, possivelmente correspondentes a diferentes enchimentos; **EG REF8** – Filão de quartzo leitoso intersectado por denso conjunto de filonetes escuros de arsenopirite, potencialmente mineralizados. Observa-se igualmente a presença de “corredor” de arsenopirite grosseira subparalelo às estruturas anteriormente enunciadas; **EG REF9** – Intercalação condensada de quartzo com diversas tonalidades, podendo sugerir diferentes graus de endurecimento e/ou disseminações de arsenopirite. Regista-se a presença de filonetes escuros instalados entre preenchimentos quartzosos com tonalidades distintas; **EG REF10** – Quartzo escuro com diferentes tonalidades e filonetes de arsenopirite; o conjunto é cortado por veio de quartzo leitoso subparalelo às estruturas anteriores.

Anexo 4 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais, fases portadoras de Au e Ag, carbonatos, micas, clorites, feldspatos, óxidos e fosfatos

Tabela XIV.1 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais e fases portadoras de Au e Ag.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
S	Ka	PETH	Pyrite
Fe	Ka	LIFH	Pyrite
Cu	Ka	LIFH	Cuprite
Zn	Ka	LIF	Sphalerite
Pb	Ma	PETJ	Galena
As	La	TAP	Galium Arsenide
Sb	La	PETJ	Stibnite
Ni	Ka	LIF	Pentlandite
Sn	La	PETJ	Metallic Sn
Co	Ka	LIFH	Skutterudite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Au	Ma	PETH	Au
Ag	La	PETJ	Ag
Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide
Ge	La	TAP	Metallic Ge
Se	La	TAP	Bismuth Selenide
In	La	PETJ	Metallic In
Cd	La	PETJ	Cd
W	La	LIF	W
Mo	La	PETH	Molybdenite
Ga	La	TAP	Metallic Ga
Te	La	PETJ	CAL-STD

Tabela XIV.2 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Carbonatos.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
C	Ka	LDE2	Calcite
Mg	Ka	TAP	Almandine
Ca	Ka	PETJ	Calcite
Fe	Ka	LIFH	Magnetite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Zn	Ka	LIFH	Sphalerite
Sr	La	PETH	Celestite
Ba	La	PETJ	Barite
Na	Ka	TAP	Jadaite
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Ce	La	PETJ	Monazite
La	La	PETJ	Monazite

Tabela XIV.3 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Mica.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Si	Ka	PETJ	Olivine
Rb	La	PETH	CAL.STD
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Na	Ka	TAP	Jadeite
K	Ka	PETH	Sanidine
Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide
Mg	Ka	TAP	Chlorite
Cs	La	PETJ	Pollucite
Ba	La	LIFH	Barite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Al	Ka	TAP	Almandine
Ni	Ka	LIF	Nickel Silicide
Fe	Ka	LIFH	Kaersutite
F	Ka	TAP	Fluorite
Cl	Ka	PETJ	Tugtupide

Tabela XIV.4 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Clorite.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
Ti	Ka	PETJ	Rutile
F	Ka	TAP	Fluorite
Ca	Ka	PETJ	Bustamite
Si	Ka	PETH	Pyrope
Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide
Na	Ka	TAP	Jadeite
Cs	La	PETJ	Pollucite
K	Ka	PETH	Sanidine
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Mg	Ka	TAP	Chlorite
Zn	Ka	LIF	Sphalerite
Fe	Ka	LIFH	Almandine
Al	Ka	TAP	Chlorite
Ni	Ka	LIF	Nickel Sulfide
Ba	La	LIFH	Benitoite

Tabela XIV.5 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Albite.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detector	Padrões
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Na	Ka	TAP	Tugtupite
Sr	La	PETJ	Celestite
Si	Ka	PETH	Sanidine
Ba	La	PETJ	Benitoite
Mg	Ka	TAP	Olivine
Ti	Ka	PETJ	Rutile
K	Ka	PETH	Sanidine
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Al	Ka	TAP	Pyrope
Fe	Ka	LIFH	Almandine

Tabela XIV.6 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Rútilo.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
P	Ka	PETJ	Apatite
Na	Ka	TAP	Jadeite
S	Ka	PETJ	Stibnite
Ba	La	LIFH	Benitoite
Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide
Mg	Ka	TAP	Periclase
Pb	Ma	PETJ	Galena
V	Ka	LIFH	V
Ag	La	PETJ	Ag
As	La	TAP	Galium Arsenide
K	Ka	PETJ	Sanidine
Cr	Ka	LIFH	Chromium Oxide
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Al	Ka	TAP	Plagioclase
Sn	La	PETJ	Cassiterite
Fe	Ka	LIFH	Haematite
Zn	Ka	LIF	Willemite
Si	Ka	TAP	Diopside
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Ni	Ka	LIFH	Nickel Silicide
Ta	La	LIF	LiTaO3
Zr	La	TAP	Zirconia
Mn	Ka	PETJ	Rhodonite
Cu	Ka	LIFH	Cuprite
Co	Ka	LIF	Skutterudite
Nb	La	TAP	Metallic Nb
W	La	LIF	Metallic W
Sb	La	PETJ	Sitbnite
Au	Ma	PETH	Au

Tabela XIV.7 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Flúor-apatite.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
La	La	PETJ	Monazite
F	Ka	TAP	Apatite
Sr	La	PETJ	Celestite
P	Ka	PETH	Apatite
Nd	La	PETJ	REE 6
Na	Ka	TAP	Jadeite
Ce	La	LIF	Monazite
Ca	Ka	PETH	Diopside
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Mg	Ka	TAP	Periclase
Cl	Ka	PETJ	Tugtupite
Fe	Ka	LIFH	Almandine

Tabela XIV.8 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de Monazite e Xenótimo.

Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
Ce	La	LIF	Monazite
F	Ka	TAP	Apatite
Nb	La	PETJ	LiNbO3
V	Ka	LIFH	V
Nd	La	LIF	REE 6
Na	Ka	TAP	Jadeite
S	Ka	PETJ	Stibnite
Pb	Ma	PETH	Galena
Gd	La	LIF	REE 1
Mg	Ka	TAP	Pyrope
Cl	Ka	PETJ	Tugtupite
Pr	Lb	LIFH	Monazite
Dy	Lb	LIF	REE 4
As	La	TAP	Galium Arsenide
Pa	Ma	PETJ	Chlorite
Sm	La	LIFH	REE 2
Yb	La	LIF	REE 2
Al	Ka	TAP	Almandine
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Eu	La	LIFH	REE 1
Lu	La	LIF	REE2
Si	Ka	TAP	Diopside
Ba	La	PETJ	Benitoite
Th	Ma	PETH	Monazite
Ho	La	LIF	REE 4
Sr	La	TAP	Celestite
Ti	Ka	PETJ	Benitoite
U	Ma	PETH	UO2
Ta	La	LIF	LiTaO3
Y	La	TAP	Zirconia
La	La	PETJ	Monazite
K	Ka	PETH	Sanidine
Tb	La	LIF	REE 1
P	Ka	TAP	Apatite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Fe	Ka	LIFH	Almandine
Hf	La	LIF	Pyrope
Zr	La	TAP	Zirconia
Tm	La	LIF	REE 1
Er	La	LIFH	REE 4

Anexo 5 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados sulfuretos, sulfossais, fases portadoras de Au e Ag, carbonatos, micas, clorites, feldspatos, óxidos e fosfatos

Tabela XIV.9 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para sulfuretos, sulfossais e fases portadoras de Au e Ag.

	Apy		Ccp			Sp			Gn		
	I	II	Ia	Ib	IIa	I	IIIa	IIIb	I	II	IIIa
W	1000	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo	180	180	200	180	200	190	180	190	-	-	-
Sn	300	310	300	280	300	310	290	310	360	370	380
In	320	330	310	300	320	330	320	330	-	-	-
Ge	-	-	150	140	150	150	140	160	200	210	200
Ga	200	210	160	160	170	-	-	-	230	210	220
Pb	530	570	580	600	570	590	560	570	900	850	900
Cd	300	300	280	280	280	290	280	280	-	-	-
Zn	670	690	640	640	660	680	710	700	1100	1050	1050
Cu	320	330	300	300	300	330	320	320	480	470	490
Ni	400	430	390	390	390	410	410	400	590	580	600
Co	200	210	190	190	190	200	200	200	290	290	300
Fe	210	210	200	200	200	200	200	200	290	280	290
Mn	280	290	270	270	270	270	280	280	400	390	400
Au	280	280	270	260	270	270	270	270	-	-	-
Ag	290	300	290	290	270	280	280	280	370	360	380
Bi	800	800	810	740	780	760	770	770	-	-	-
Te	340	340	320	300	310	320	330	320	390	390	420
Sb	340	340	340	320	320	330	330	350	420	390	430
As	350	340	240	240	250	240	230	250	360	360	380
Se	-	-	180	170	170	170	170	170	290	240	240
S	60	60	60	60	60	60	60	60	60	100	110

	Py				Mrc		Po	Mr	Gdf I	Ulm		Bnn	Elect	Ttr
	Ia	Ib	II	III	I	II				I	II			
W	-	-	-	-	-	-	-	900	1050	1200	1150	-	1500	-
Mo	190	190	180	190	190	190	-	190	180	190	190	-	-	200
Sn	270	270	260	270	320	250	270	290	460	700	650	520	400	520
In	310	300	270	290	320	290	300	320	330	390	340	380	-	560
Ge	160	160	170	160	200	150	-	180	220	160	420	170	-	160
Ga	-	-	-	-	-	-	-	160	190	170	180	200	-	210
Pb	650	670	590	640	610	620	610	460	550	570	510	770	-	580
Cd	280	270	260	270	280	260	260	290	300	310	330	340	580	500
Zn	610	600	540	600	660	610	-	790	820	890	850	890	1050	800
Cu	280	280	260	280	320	280	-	300	340	380	360	430	480	370
Ni	370	360	330	340	390	340	360	360	400	470	470	520	590	440
Co	180	180	180	180	190	180	180	190	210	230	210	260	290	230
Fe	190	190	180	190	200	190	200	190	210	220	220	250	280	230
Mn	260	260	240	250	270	240	-	260	290	320	300	350	390	320
Au	280	270	250	270	280	280	260	270	280	290	300	370	420	290
Ag	280	270	230	270	270	260	-	280	290	310	340	350	390	340
Bi	900	850	790	930	900	820	-	870	-	840	760	2700	760	860
Te	300	30	280	290	320	300	-	280	450	670	620	540	410	500
Sb	310	300	270	300	320	300	300	360	390	400	390	400	430	360
As	270	260	230	260	350	250	240	220	300	260	260	300	340	260
Se	190	190	170	190	320	170	-	160	260	200	180	210	270	190
S	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80	80	60

Tabela XIV.10 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para carbonatos.

	Cb					
	I	IIa	IIb	IIc	IIIa	IIIb
CaO	190	180	170	170	190	190
CO ₂	4000	5000	4500	4500	4800	4500
La ₂ O ₃	530	450	400	430	480	490
SrO	220	200	190	240	250	220
BaO	440	390	340	390	440	430
Ce ₂ O ₃	620	460	430	450	510	520
FeO	250	230	200	200	230	250
TiO ₂	380	340	280	320	370	390
MgO	200	190	180	170	200	190
MnO	360	330	280	290	340	360
ZnO	450	400	360	390	450	450

Tabela XIV.11 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para micas.

	Ms					
	I	II	III	IVa	IVb	RI
CaO	180	180	170	170	180	170
F	710	810	520	660	690	690
SiO ₂	540	600	520	580	450	520
TiO ₂	330	340	330	330	340	330
Na ₂ O	150	160	150	160	170	140
Cl	100	100	90	100	90	90
K ₂ O	70	80	70	70	80	70
Cr ₂ O ₃	240	260	250	260	260	250
MgO	180	200	160	180	180	200
Cs ₂ O	370	510	360	350	320	330
BaO	370	370	350	370	350	320
MnO	280	320	280	300	300	320
Mn ₂ O ₃	320	360	310	340	340	360
Al ₂ O ₃	240	250	220	240	240	240
FeO	230	230	220	250	230	230
Fe ₂ O ₃	260	260	240	270	250	250

Tabela XIV.12 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para clorites.

	Chl			
	I	II	III_A	III_C
TiO ₂	370	380	360	360
F	900	1050	970	780
SiO ₂	260	250	240	250
Cr ₂ O ₃	280	300	290	290
MnO	330	330	340	320
MgO	170	190	190	180
ZnO	750	760	770	730
FeO	250	250	250	240
Fe ₂ O ₃	270	270	280	260
Al ₂ O ₃	230	240	240	220
NiO	470	490	470	480

Tabela XIV.13 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para albite.

	Ab
CaO	290
Na ₂ O	370
SrO	1130
SiO ₂	420
BaO	750
MgO	280
TiO ₂	520
K ₂ O	120
Al ₂ O ₃	400
FeO	360
Fe ₂ O ₃	400

Tabela XIV.14 – Limites de detecção elementares dos padrões analíticos utilizados para rútilo (esquerda) e fosfatos (direita).

	Rt		Apa	Mnz	Xtm
P ₂ O ₅	660	Ce ₂ O ₃	1340	1530	1440
PbO ₂	780	F	1090	1340	1210
V ₂ O ₅	370	Nb ₂ O ₅	-	710	840
As ₂ O ₅	600	V ₂ O ₃	-	660	410
Cr ₂ O ₃	330	Nd ₂ O ₃	500	1300	1160
Al ₂ O ₃	220	Na ₂ O	170	220	220
SnO ₂	450	SO ₃	-	600	600
FeO	290	PbO	-	290	250
Fe ₂ O ₃	330	Gd ₂ O ₃	-	1400	1230
SiO ₂	350	MgO	-	220	270
TiO ₂	430	Cl	110	140	130
Ni ₂ O ₃	390	Pr ₂ O ₃	-	1280	1110
Ta ₂ O ₅	1700	Dy ₂ O ₃	-	2850	2750
ZrO ₂	430	As ₂ O ₅	-	630	860
MnO ₂	470	Pa ₂ O ₅	-	620	600
Co ₂ O ₃	470	Sm ₂ O ₃	-	790	650
Nb ₂ O ₅	510	Yb ₂ O ₃	-	1800	1900
WO ₃	1700	Al ₂ O ₃	-	270	300
Sb ₂ O ₅	290	CaO	120	270	250
		Eu ₂ O ₃	-	750	680
		Lu ₂ O ₃	-	1820	1800
		SiO ₂	-	360	410
		BaO	-	700	600
		ThO ₂	-	380	360
		Ho ₂ O ₃	-	1480	1550
		SrO	720	290	400
		TiO ₂	-	540	480
		UO ₃	-	330	280
		Ta ₂ O ₅	-	2000	2400
		Y ₂ O ₃	-	380	410
		La ₂ O ₃	430	750	660
		K ₂ O	-	120	110
		Tb ₂ O ₃	-	22000	17000
		P ₂ O ₅	-	400	610
		MnO	330	520	480
		Mn ₂ O ₃	370	-	-
		FeO	250	400	370
		Fe ₂ O ₃	280	-	-
		HfO ₂	-	1400	1300
		ZrO ₂	-	490	510
		Tm ₂ O ₃	-	1600	1500
		Er ₂ O ₃	-	900	900

Anexo 6 – Análises pontuais representativas das gerações de deposição das fases minerais abordadas no capítulo VIII

Tabela XIV.15 – Análises representativas das gerações I e II de Arsenopirite, em wt%.

Geração	Arsenopirite I		Arsenopirite II		Arsenopirite II (+ FeS ₂)	
Referência	E22b_A1_Apy	E22b_B1_Apy	E20a_Cc2_Apy	E22b_B2_Apy	E20a_Cc3_Apy	E24b_A2_Apy
W	0.000	0.037	0.099	0.000	0.186	0.098
Mo	0.021	0.018	0.013	0.000	0.003	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.026
In	0.000	0.014	0.000	0.000	0.050	0.002
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.019	0.025	0.083	0.000	0.094	0.033
Cd	0.008	0.011	0.000	0.000	0.000	0.048
Zn	0.000	0.001	0.017	0.001	0.000	0.052
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.016	0.012	0.042	0.000	0.000
Co	0.029	0.000	0.031	0.011	0.011	0.032
Fe	35.367	35.618	35.507	35.402	35.463	35.663
Mn	0.000	0.000	0.003	0.000	0.009	0.000
Au	0.025	0.011	0.068	0.000	0.000	0.000
Ag	0.005	0.009	0.000	0.000	0.000	0.012
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.144	0.101	0.059	0.067	0.038	0.107
As	42.523	42.511	43.600	42.844	42.948	41.664
S	21.527	21.782	21.094	21.670	21.698	22.510
Total	99.668	100.154	100.586	100.037	100.548	100.247

Tabela XIV.16 – Análises representativas das gerações I e II de Arsenopirite, em a.p.f.u.

Geração	Arsenopirite I		Arsenopirite II		Arsenopirite II (+ FeS ₂)	
Referência	E22b_A1_Apy	E22b_B1_Apy	E20a_Cc2_Apy	E22b_B2_Apy	E20a_Cc3_Apy	E24b_A2_Apy
W	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Co	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe	1.014	1.014	1.015	1.010	1.009	1.008
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	1.015	1.016	1.019	1.011	1.013	1.013
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
As	0.908	0.902	0.929	0.911	0.911	0.878
S	0.075	0.080	0.051	0.077	0.075	0.108
Total	0.985	0.984	0.981	0.989	0.987	0.988
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabela XIV.17 – Análises representativas das gerações Ia, Ia (Var. Castanha), Ib e IIa de Calcopirite, em wt%.

Geração	Calcopirite Ia	Calcopirite Ia (Var. Castanha)	Calcopirite Ib	Calcopirite IIa	
Referência	E21_C3a_Cpy	E03_B4_Cpy	E21_C3b_Cpy	E07_B1_Cpy	E16_B1_Cpy
Mo	0.026	0.141	0.067	0.037	0.057
As	0.000	0.019	0.003	0.003	0.000
Sn	0.025	0.020	0.017	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	-	0.000	0.000	0.000
Sb	0.018	0.000	0.421	0.000	0.006
In	0.008	0.000	0.016	0.000	0.000
Ga	0.000	0.039	0.000	0.000	0.032
Fe	30.180	34.262	29.017	30.201	30.333
Pb	0.019	0.000	0.077	0.088	0.042
Cd	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000
Zn	0.041	0.016	0.000	0.000	0.067
Co	0.024	0.005	0.013	0.038	0.007
Mn	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000
Au	0.045	0.000	0.000	0.042	0.011
Ag	0.027	0.011	1.232	0.000	0.012
Cu	33.529	30.434	33.103	34.072	34.489
Ni	0.004	0.140	0.055	0.000	0.001
Te	0.030	0.093	0.000	0.000	0.002
Se	0.000	0.013	0.000	0.046	0.000
S	34.735	36.406	33.998	34.909	34.873
Total	98.711	101.678	98.019	99.436	99.932

Tabela XIV.18 – Análises representativas das gerações Ia, Ia (Var. Castanha), Ib e IIa de Calcopirite, em a.p.f.u.

Geração	Calcopirite Ia	Calcopirite Ia (Var. Castanha)	Calcopirite Ib	Calcopirite IIa	
Referência	E21_C3a_Cpy	E03_B4_Cpy	E21_C3b_Cpy	E07_B1_Cpy	E16_B1_Cpy
Pb	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Co	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.022	0.000	0.000
Cu	0.980	0.857	0.984	0.989	0.998
Ni	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000
Total	0.982	0.862	1.008	0.992	0.999
Mo	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	-	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe	1.004	1.098	0.981	0.998	0.998
Cd	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
Mn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Total	1.006	1.105	0.990	0.999	1.002
Te	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
S	2.012	2.032	2.002	2.009	1.999
Total	2.012	2.034	2.002	2.010	1.999

Tabela XIV.19 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), IIIa e IIIb de Esfalerite, em wt%.

Geração	Esfalerite I	Esfalerite I (+ Elect)	Esfalerite IIIa		Esfalerite IIIb	
Referência	E03_B5_Sph	E22b_F2a_Sph	E02_C4_Sph	E16_B2_Sph	E01_B2_Sph	E07_D1_Sph
Mo	0.071	0.075	0.069	0.112	0.092	0.089
As	0.000	0.012	0.000	0.041	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.081	0.001	0.000	0.003
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.007	0.000	0.028	0.035	0.016	0.000
Pb	0.000	0.066	0.000	0.044	0.000	0.003
Cd	0.149	0.585	0.051	0.001	0.302	0.170
Zn	61.185	61.286	58.447	65.810	61.638	60.591
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
Ni	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000
Co	0.017	0.006	0.012	0.024	0.000	0.009
Fe	4.354	4.104	6.634	0.390	4.950	4.758
Mn	0.000	0.000	0.023	0.000	0.006	0.034
Au	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.011	0.000	0.008	0.000	0.005	0.002
Te	0.010	0.000	0.018	0.000	0.000	0.021
Sb	0.000	0.000	0.000	0.039	0.000	0.000
Se	0.005	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
S	33.260	33.380	33.308	33.159	33.471	33.034
Total	99.069	99.562	98.680	99.656	100.480	98.724

Tabela XIV.20 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), IIIa e IIIb de Esfalerite, em a.p.f.u.

Geração	Esfalerite I	Esfalerite I (+ Elect)	Esfalerite IIIa		Esfalerite IIIb	
Referência	E03_B5_Sph	E22b_F2a_Sph	E02_C4_Sph	E16_B2_Sph	E01_B2_Sph	E07_D1_Sph
Mo	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.001	0.005	0.000	0.000	0.003	0.002
Zn	0.911	0.911	0.870	0.982	0.907	0.906
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.076	0.071	0.116	0.007	0.085	0.083
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.990	0.989	0.989	0.991	0.996	0.993
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	1.010	1.011	1.011	1.009	1.004	1.007
Total	1.010	1.011	1.011	1.009	1.004	1.007

Tabela XIV.21 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), II e IIIa de Galena, em wt%.

Geração	Galena I	Galena I (+ Elect)	Galena II	Galena IIIa	
Referência	E21_C6_Gln	E22b_D1_Gln	E18_C1_Gln	E02_A8_Gln	E23a_B4_Gln
As	0.001	0.000	0.000	0.000	0.014
Sn	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.036	0.058	0.041	0.056	0.020
Ga	0.000	0.022	0.001	0.031	0.011
Pb	83.734	86.391	86.349	84.891	86.167
Zn	0.000	0.050	0.000	0.000	1.642
Cu	0.000	0.000	0.016	0.020	0.001
Ni	0.000	0.000	0.000	0.005	0.042
Co	0.002	0.018	0.000	0.017	0.000
Fe	0.620	0.002	0.021	0.410	0.148
Mn	0.000	0.024	0.034	0.036	0.000
Ag	0.299	0.326	0.000	0.416	0.000
Te	0.066	0.019	0.062	0.051	0.039
Sb	0.000	0.437	0.035	0.000	0.108
Se	0.027	0.022	0.000	0.084	0.028
S	13.528	13.024	13.464	13.290	13.694
Total	98.325	100.393	100.023	99.307	101.914

Tabela XIV.22 – Análises representativas das gerações I, I (+ Elect), II e IIIa de Galena, em a.p.f.u.

Geração	Galena I	Galena I (+ Elect)	Galena II	Galena IIIa	
Referência	E21_C6_Gln	E22b_D1_Gln	E18_C1_Gln	E02_A8_Gln	E23a_B4_Gln
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
Ga	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Pb	0.961	1.001	0.993	0.976	0.952
Zn	0.000	0.002	0.000	0.000	0.058
Cu	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Co	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Fe	0.026	0.000	0.001	0.018	0.006
Mn	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000
Ag	0.007	0.007	0.000	0.009	0.000
Total	0.995	1.015	0.998	1.009	1.019
Te	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Sb	0.000	0.009	0.001	0.000	0.002
Se	0.001	0.001	0.000	0.003	0.001
S	1.003	0.975	1.001	0.988	0.978
Total	1.005	0.985	1.003	0.991	0.981

Tabela XIV.23 – Análises representativas das gerações I, Ib, II e III de Pirite, em wt%.

Geração	Pirite Ia		Pirite Ib		Pirite II	Pirite III	
Referência	E06_B1_Py	E21_B2b_Py	E03_A6b_Py	E06_A1b_Py	E24b_B1_Py	E02_A3_Po	E23a_A7_Py
Mo	0.082	0.072	0.015	0.067	0.058	0.004	0.013
Sn	0.000	0.017	0.000	0.008	0.024	0.004	0.011
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.023	0.000	0.000	0.015	0.010	0.000	0.000
Pb	0.071	0.062	0.088	0.010	0.000	0.000	0.148
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.009	0.011	0.000	0.024	0.060
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024
Ni	0.074	0.000	0.207	0.081	0.000	0.217	0.967
Co	0.047	0.005	0.012	0.011	0.000	0.035	0.030
Fe	46.218	46.547	45.606	46.127	46.112	46.558	45.360
Mn	0.012	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035
Au	0.047	0.000	0.000	0.026	0.030	0.000	0.000
Ag	0.020	0.006	0.038	0.017	0.021	0.000	0.006
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.010	0.033	0.010	0.000	0.031	0.000
Sb	0.010	0.000	0.001	0.000	0.029	0.008	0.048
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.002	0.000
As	0.252	0.010	0.385	0.000	0.005	0.030	0.149
S	53.200	53.161	52.875	53.511	53.353	53.432	53.421
Total	100.056	99.900	99.269	99.894	99.687	100.345	100.272

Tabela XIV.24 – Análises representativas das gerações I, Ib, II e III de Pirite, em a.p.f.u.

Geração	Pirite Ia		Pirite Ib		Pirite II	Pirite III	
Referência	E06_B1_Py	E21_B2b_Py	E03_A6b_Py	E06_A1b_Py	E24b_B1_Py	E02_A3_Po	E23a_A7_Py
Mo	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ni	0.002	0.000	0.004	0.002	0.000	0.004	0.020
Co	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Fe	0.995	1.003	0.990	0.992	0.994	0.998	0.975
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	1.000	1.005	0.995	0.996	0.996	1.004	0.998
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.004	0.000	0.006	0.000	0.000	0.001	0.002
S	1.996	1.995	1.998	2.004	2.003	1.995	1.999
Total	2.000	1.995	2.005	2.004	2.004	1.996	2.002

Tabela XIV.25 – Análises representativas das gerações I e II de Marcassite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Marcassite I		Marcassite II
Referência	E20a_Cd6_Py	E21_A4b_Py	E02_A4_Mc
Mo	0.012	0.027	0.016
Sn	0.015	0.000	0.000
Ge	0.000	0.022	0.000
In	0.004	0.000	0.000
Pb	0.240	0.168	0.000
Cd	0.001	0.012	0.000
Zn	0.000	0.019	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000
Ni	0.002	0.051	0.555
Co	0.030	0.037	0.044
Fe	45.918	45.900	45.157
Mn	0.003	0.000	0.015
Au	0.000	0.000	0.017
Ag	0.021	0.021	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000
Te	0.022	0.000	0.000
Sb	0.063	0.143	0.009
Se	0.000	0.000	0.002
As	0.000	0.000	0.000
S	52.210	52.504	53.141
Total	98.541	98.904	98.956

Geração	Marcassite I		Marcassite II
Referência	E20a_Cd6_Py	E21_A4b_Py	E02_A4_Mc
Mo	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000
Pb	0.001	0.001	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.012
Co	0.001	0.001	0.001
Fe	1.005	1.001	0.980
Mn	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000
Total	1.008	1.005	0.992
Bi	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000
Sb	0.001	0.001	0.000
Se	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000
S	1.991	1.994	2.007
Total	1.992	1.995	2.008

Tabela XIV.26 – Análises representativas de Pirrotite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Pirrotite	
Referência	E21_C4a_Po
S	38.816
As	0.010
Sn	0.000
Sb	0.011
In	0.042
Fe	59.909
Pb	0.033
Cd	0.000
Ni	0.000
Co	0.024
Au	0.000
Total	98.845

Pirrotite	
Referência	E21_C4a_Po
As	0.000
Sn	0.000
Sb	0.000
In	0.000
Fe	0.886
Pb	0.000
Cd	0.000
Ni	0.000
Co	0.000
Au	0.000
Total	0.887
S	1.000
Total	1.000

Tabela XIV.27 – Análises representativas de Millerite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Millerite			Millerite		
Referência	E23a_A5_Sulf		Referência	E23a_A5_Sulf	
W	0.060	0.000	W	0.000	0.000
Mo	0.043	0.074	Mo	0.000	0.001
S	33.754	33.959	Sn	0.000	0.000
As	0.121	0.000	Se	0.000	0.000
Te	0.148	0.154	Ge	0.000	0.000
Sn	0.000	0.049	In	0.000	0.000
Se	0.041	0.000	Ga	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	Fe	0.122	0.258
Bi	0.000	0.000	Pb	0.001	0.000
Sb	0.000	0.000	Cd	0.000	0.000
In	0.000	0.000	Zn	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	Cu	0.004	0.009
Fe	7.319	15.664	Ni	0.881	0.744
Pb	0.220	0.042	Co	0.010	0.010
Cd	0.000	0.047	Mn	0.001	0.001
Zn	0.000	0.000	Au	0.000	0.000
Cu	0.252	0.624	Ag	0.000	0.000
Ni	55.697	47.473	Total	1.020	1.024
Co	0.660	0.623			
Mn	0.033	0.034	Sb	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	Bi	0.000	0.000
Ag	0.000	0.034	Te	0.001	0.001
Total	98.348	98.777	As	0.001	0.000
			S	0.978	0.975
			Total	0.980	0.976

Tabela XIV.28 – Análises representativas da geração I de Gersdorffite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Gersdorffite I		Gersdorffite I	
Referência	E01_D3_Gers	Referência	E01_D3_Gers
W	0.050	W	0.000
Mo	0.000	Mo	0.000
S	21.252	Sn	0.000
As	27.049	Ge	0.000
Te	0.000	In	0.000
Sn	0.000	Ga	0.000
Se	0.000	Fe	0.355
Ge	0.000	Pb	0.001
Sb	17.804	Cd	0.000
In	0.000	Zn	0.000
Ga	0.000	Cu	0.000
Fe	11.627	Ni	0.601
Pb	0.070	Co	0.047
Cd	0.000	Mn	0.000
Zn	0.000	Au	0.002
Cu	0.013	Ag	0.000
Ni	20.688	Total	1.006
Co	1.636		
Mn	0.004	Sb	0.249
Au	0.275	As	0.615
Ag	0.000	S	0.129
Total	100.468	Total	0.994
		Te	0.000
		Se	0.000
		S	1.000
		Total	1

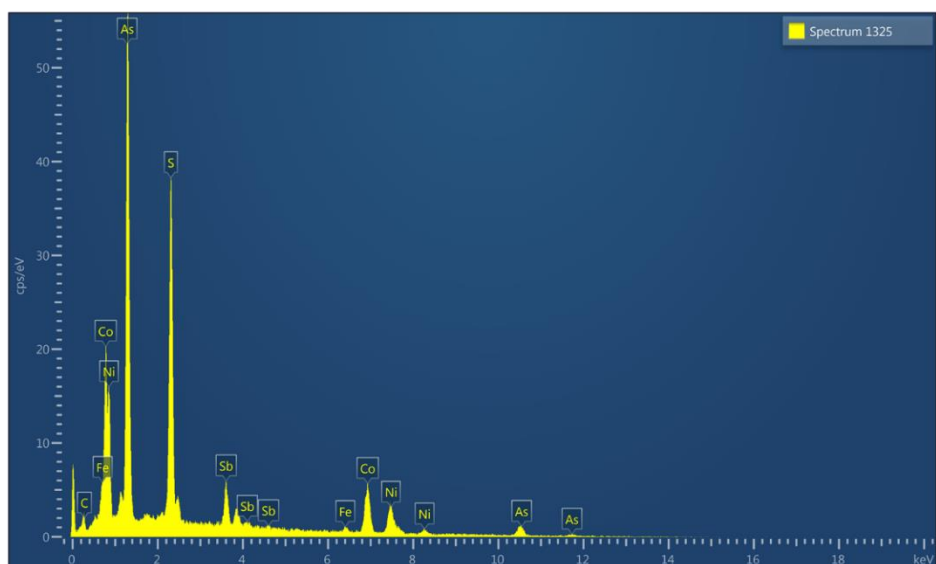


Figura XIV.9 – Espectro de EDS referente à geração II de Gersdorffite.

Tabela XIV.29 – Análises representativas das gerações I e II de Ulmanite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Ulmanite I		Ulmanite II
Referência	E22b_E5_Gersd		E07_A4_SulfoNi
W	0.000	0.000	0.000
Mo	0.053	0.029	0.060
S	15.135	15.056	15.424
As	0.000	0.083	0.000
Te	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Se	0.147	0.201	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.176	0.000
Sb	56.717	55.984	54.895
In	0.000	0.000	0.028
Ga	0.000	0.056	0.043
Fe	0.875	1.447	1.666
Pb	0.002	0.049	0.060
Cd	0.060	0.000	0.004
Zn	0.158	0.182	0.000
Cu	1.365	0.116	0.000
Ni	25.110	25.385	26.125
Co	1.281	1.750	2.074
Mn	0.009	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000
Ag	0.015	0.059	0.024
Total	100.927	100.573	100.403

Geração	Ulmanite I		Ulmanite II
Referência	E22b_E5_Gersd		E07_A4_SulfoNi
W	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.001
Sn	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.001
Ga	0.000	0.002	0.001
Fe	0.033	0.054	0.062
Pb	0.000	0.000	0.001
Cd	0.001	0.000	0.000
Zn	0.005	0.006	0.000
Cu	0.045	0.004	0.000
Ni	0.897	0.908	0.925
Co	0.046	0.062	0.073
Mn	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.001	0.000
Total	1.029	1.039	1.064
Bi	0.000	0.002	0.000
As	0.000	0.002	0.000
Sb	0.977	0.966	0.937
Total	0.977	0.970	0.937
Te	0.000	0.000	0.000
Se	0.004	0.005	0.000
S	0.990	0.986	0.999
Total	0.994	0.992	0.999

Tabela XIV.30 – Análises representativas de Bournonite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Bournonite				Bournonite			
Referência	E01_C5d_Gln			Referência	E01_C5d_Gln		
Bi	0.000	0.000	0.000	Cu	1.025	1.020	1.030
Ga	0.000	0.042	0.033	Ag	0.000	0.000	0.003
Pb	42.729	42.395	42.910	Au	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	Ni	0.000	0.000	0.002
Ag	0.000	0.000	0.059	Co	0.000	0.002	0.000
Ge	0.000	0.018	0.001	Total	1.025	1.022	1.034
Cd	0.000	0.000	0.000				
In	0.000	0.000	0.022	Pb	0.992	0.975	0.992
As	0.000	0.000	0.000	Ge	0.000	0.001	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	Sn	0.000	0.000	0.000
S	19.602	19.956	19.916	Fe	0.005	0.005	0.001
Ni	0.000	0.000	0.021	Zn	0.047	0.058	0.029
Se	0.017	0.027	0.087	Mn	0.000	0.001	0.000
Zn	0.633	0.797	0.402	In	0.000	0.000	0.001
Fe	0.060	0.064	0.012	Cd	0.000	0.000	0.000
Sb	25.057	24.668	24.408	Ga	0.000	0.003	0.002
Mn	0.004	0.016	0.000	Total	1.044	1.044	1.025
Co	0.000	0.027	0.000				
Te	0.000	0.000	0.000	Bi	0.000	0.000	0.000
Cu	13.548	13.598	13.668	As	0.000	0.000	0.000
Total	101.650	101.608	101.539	Sb	0.990	0.966	0.960
				Total	0.990	0.966	0.960
				Te	0.000	0.000	0.000
				Se	0.001	0.002	0.005
				S	2.940	2.967	2.975
				Total	2.941	2.968	2.980

Tabela XIV.31 – Análises representativas de Electrum, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Electrum			Electrum		
Referência	E22b_B4_Electr	E22b_C4_Electr	Referência	E22b_B4_Electr	E22b_C4_Electr
W	0.030	0.143	W	0.000	0.001
S	0.264	0.776	S	0.012	0.034
As	0.000	0.013	As	0.000	0.000
Te	0.144	0.073	Te	0.002	0.001
Sn	0.000	0.000	Sn	0.000	0.000
Se	0.010	0.000	Se	0.000	0.000
Bi	0.385	0.430	Bi	0.003	0.003
Sb	0.000	0.000	Sb	0.000	0.000
Fe	0.000	0.106	Fe	0.000	0.003
Zn	0.000	0.084	Zn	0.000	0.002
Cu	0.000	0.000	Cu	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	Ni	0.000	0.000
Co	0.008	0.036	Co	0.000	0.001
Mn	0.000	0.000	Mn	0.000	0.000
Au	59.788	54.653	Au	0.441	0.384
Ag	40.200	44.599	Ag	0.542	0.572
Total	100.829	100.913	Total	1.000	1.000

Tabela XIV.32 – Análises representativas de Tetraedrite – Freibergite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Tetraedrite - Freibergite			Tetraedrite - Freibergite		
Referência	E21_C8_SulfoAg		Referência	E21_C8_SulfoAg	
Bi	0.000	0.000	Au	0.000	0.002
Ga	0.000	0.000	Ag	5.844	3.558
Pb	0.071	0.095	Cu	4.477	6.375
Au	0.000	0.025	Total	10.321	9.935
Ag	33.061	21.296			
Ge	0.000	0.000	Fe	1.767	1.537
Cd	0.000	0.000	Pb	0.007	0.008
Mo	0.043	0.034	Zn	0.323	0.557
In	0.000	0.000	Mn	0.004	0.005
As	0.000	0.000	Ni	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	Co	0.007	0.005
S	21.043	23.178	Mo	0.009	0.006
Ni	0.000	0.000	In	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	Ge	0.000	0.000
Zn	1.106	2.021	Ga	0.000	0.000
Fe	5.174	4.763	Cd	0.000	0.000
Sb	25.849	26.482	Sn	0.000	0.000
Mn	0.012	0.014	Total	2.116	2.118
Co	0.023	0.016			
Te	0.000	0.000	Bi	0.000	0.000
Cu	14.919	22.481	Te	0.000	0.000
Total	101.301	100.405	As	0.000	0.000
			Sb	4.048	3.919
			Total	4.048	3.919
			Se	0.000	0.000
			S	12.000	12.000
			Total	12.000	12.000
			S	0.515	1.028
			Total	0.515	1.028

Tabela XIV.33 – Análises representativas de Pyrargyrite/Pyrostilpnite, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Pyrargyrite/Pyrostilpnite			Pyrargyrite/Pyrostilpnite		
Referência	E21_C8_SulfoAg		Referência	E21_C8_SulfoAg	
Bi	0.000	0.036	Au	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	Ag	3.025	3.105
Pb	0.000	0.000	Cu	0.106	0.001
Au	0.000	0.000	Total	3.131	3.107
Ag	59.515	59.965			
Ge	0.000	0.019	Fe	0.020	0.039
Cd	0.000	0.000	Pb	0.000	0.000
Mo	0.063	0.061	Zn	0.000	0.001
In	0.000	0.000	Mn	0.003	0.004
As	0.000	0.000	Ni	0.000	0.002
Sn	0.000	0.000	Co	0.000	0.000
S	18.053	17.797	Mo	0.004	0.004
Ni	0.000	0.026	In	0.000	0.000
Se	0.025	0.001	Ge	0.000	0.001
Zn	0.000	0.015	Ga	0.000	0.000
Fe	0.201	0.386	Cd	0.000	0.000
Sb	22.284	21.586	Sn	0.000	0.000
Mn	0.035	0.036	Total	0.027	0.051
Co	0.000	0.002			
Te	0.000	0.000	Bi	0.000	0.001
Cu	1.229	0.017	Te	0.000	0.000
Total	101.405	99.947	As	0.000	0.000
			Sb	1.003	0.990
			Total	1.003	0.991
			Se	0.002	0.000
			S	3.087	3.101
			Total	3.089	3.101

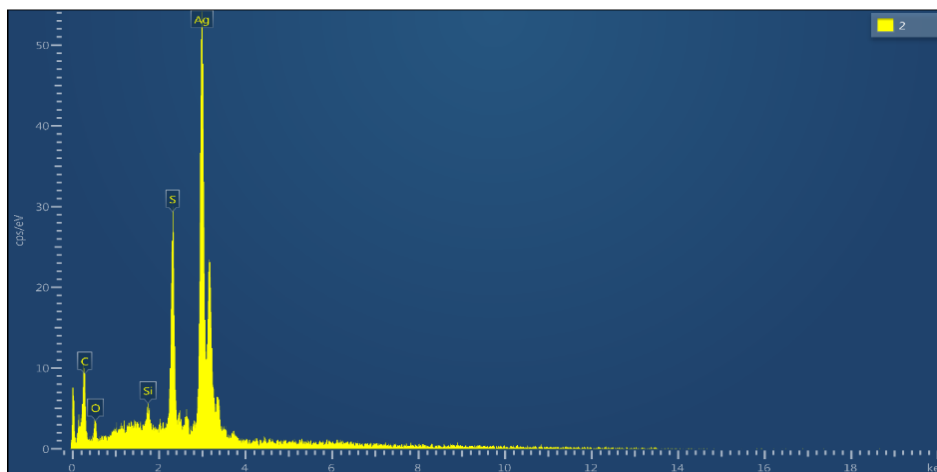


Figura XIV.10 – Espectro de EDS referente às fases Ag_xS_y .

Tabela XIV.34 – Análises representativas das gerações I e IIa de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Carbonato I		Carbonato IIa
Referência	E03_A5_Carb	E03_B9_Carb	E18_B5a_Carb
TiO ₂	0.000	0.000	0.000
CO ₂	40.387	41.246	45.548
Ce ₂ O ₃	0.076	0.013	0.000
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000
BaO	0.048	0.024	0.000
SrO	0.000	0.022	0.000
ZnO	0.014	0.000	0.000
FeO	51.269	47.570	30.868
MnO	1.509	1.775	1.354
CaO	0.816	0.157	0.130
MgO	6.762	9.951	23.534
Total	100.881	100.758	101.434

Geração	Carbonato I		Carbonato IIa
Referência	E03_A5_Carb	E03_B9_Carb	E18_B5a_Carb
C	1.000	1.000	1.000
Total	1.000	1.000	1.000
Ba	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000
Fe	0.778	0.707	0.415
Mn	0.023	0.027	0.018
Ca	0.016	0.003	0.002
Mg	0.183	0.263	0.564
Total	1.000	1.000	1.000
Ti	0.000	0.000	0.000
Ce	0.001	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000
Total	0.001	0.000	0.000

Tabela XIV.35 – Análises representativas das gerações IIb e IIc de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Carbonato IIb	Carbonato IIc
Referência	E24b_B2_Carb	E22b_A3_Carb
TiO ₂	0.000	0.000
CO ₂	46.022	45.778
Ce ₂ O ₃	0.020	0.000
La ₂ O ₃	0.021	0.000
BaO	0.000	0.000
SrO	0.106	0.045
ZnO	0.003	0.000
FeO	2.935	6.039
MnO	0.459	0.496
CaO	28.440	29.103
MgO	19.197	17.320
Total	97.203	98.781

Geração	Carbonato IIb	Carbonato IIc
Referência	E24b_B2_Carb	E22b_A3_Carb
C	2.013	2.000
Total	2.013	2.000
Ba	0.000	0.000
Sr	0.002	0.001
Zn	0.000	0.000
Fe	0.079	0.162
Mn	0.012	0.013
Mg	0.917	0.826
Total	1.010	1.002
Ca	0.976	0.998
Total	0.976	0.998
Ti	0.000	0.000
Ce	0.000	0.000
La	0.000	0.000
Total	0.000	0.001

Tabela XIV.36 – Análises representativas das gerações IIIa, IIIb (1) e III (2) de carbonato em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Carbonato IIIa	Carbonato IIIb (1)	Carbonato IIIb (2)	Geração	Carbonato IIIa	Carbonato IIIb (1)	Carbonato IIIb (2)
Referência	E16_B4_Carb	E07_D2b_Carb	E06_A4_Carb	Referência	E16_B4_Carb	E07_D2b_Carb	E06_A4_Carb
TiO ₂	0.000	0.000	0.000	C	1.000	1.000	1.000
CO ₂	43.294	43.347	45.489	Total	1.000	1.000	1.000
Ce ₂ O ₃	0.048	0.052	0.011				
La ₂ O ₃	0.011	0.051	0.000	Ba	0.000	0.000	0.000
BaO	0.000	0.000	0.021	Sr	0.000	0.000	0.000
SrO	0.000	0.000	0.022	Zn	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.011	0.000	0.000	Fe	0.470	0.544	0.406
FeO	33.194	38.506	30.135	Mn	0.016	0.028	0.010
MnO	1.147	1.919	0.740	Ca	0.002	0.024	0.003
CaO	0.080	1.310	0.159	Mg	0.512	0.405	0.581
MgO	20.313	16.064	24.205	Total	1.000	1.000	1.000
Total	98.098	101.249	100.782				
				Ti	0.000	0.000	0.000
				Ce	0.000	0.000	0.000
				La	0.000	0.000	0.000
				Total	0.000	0.001	0.000

Tabela XIV.37 – Análises representativas das gerações I, II, III, IVa e IVb de Ilite em wt%.

Geração	Ilite I	Ilite II	Ilite III	Ilite IVa	Ilite IVb	Ilite RI
Referência	E22b_A2_Ms	E21_C7_Ms	E03_D4_Ms	E21_G2_Ms	E07_D5_Ms	E16_E1_Ms
TiO ₂	0.218	0.157	0.570	0.141	0.000	0.311
SiO ₂	50.107	49.443	48.426	49.945	49.543	50.544
Fe ₂ O ₃	0.343	0.240	2.409	1.753	0.624	0.058
Mn ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.000
Cr ₂ O ₃	0.088	0.073	0.023	0.058	0.026	0.533
Al ₂ O ₃	29.815	32.311	32.513	33.748	35.602	32.383
BaO	0.071	0.124	0.205	0.168	0.057	0.139
FeO	1.791	0.772	0.649	0.220	0.000	0.637
MnO	0.000	0.000	0.027	0.040	0.000	0.000
CaO	0.114	0.059	0.006	0.040	0.132	0.097
MgO	2.506	1.803	1.449	2.408	0.703	2.207
Cs ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K ₂ O	8.501	8.498	8.959	7.933	8.475	7.175
Na ₂ O	0.111	0.081	0.101	0.054	0.264	0.057
Cl	0.022	0.007	0.003	0.009	0.007	0.005
F	0.094	0.058	0.125	0.162	0.050	0.000
H ₂ O	4.535	4.583	4.488	4.581	4.600	4.644
Total	98.316	98.209	99.953	101.259	100.149	98.789

Tabela XIV.38 – Análises representativas das gerações I, II, III, IVa e IVb de Ilite em a.p.f.u.

Geração	Ilite I	Ilite II	Ilite III	Ilite IVa	Ilite IVb	Ilite RI
Referência	E22b_A2_Ms	E21_C7_Ms	E03_D4_Ms	E21_G2_Ms	E07_D5_Ms	E16_E1_Ms
Si	3.347	3.285	3.198	3.216	3.211	3.307
Al	0.653	0.715	0.802	0.784	0.789	0.693
Total	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ti	0.011	0.008	0.028	0.007	0.000	0.015
Fe	0.017	0.012	0.120	0.085	0.030	0.003
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Cr	0.005	0.004	0.001	0.003	0.001	0.028
Al	1.695	1.816	1.729	1.777	1.931	1.804
Fe	0.100	0.043	0.036	0.012	0.000	0.035
Mn	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000
Mg	0.250	0.179	0.143	0.231	0.068	0.215
Total	2.077	2.061	2.058	2.117	2.034	2.100
Ba	0.002	0.003	0.005	0.004	0.001	0.004
Ca	0.008	0.004	0.000	0.003	0.009	0.007
Cs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.725	0.720	0.755	0.652	0.701	0.599
Na	0.014	0.010	0.013	0.007	0.033	0.007
Total	0.749	0.738	0.773	0.665	0.745	0.617
Cl	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
F	0.020	0.012	0.026	0.024	0.007	0.000
OH	1.978	1.987	1.974	1.975	1.992	1.999
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Tabela XIV.39 – Análises representativas das gerações I, II, III de clorite e de agregados de clorite presentes na rocha ígnea (RI), em wt%.

Geração	Clorite I	Clorite II	Clorite III_A	Clorite III_C	Clorite (RI)
Referência	E03_A8b_Ch1	E03_A7_Ch1	E23a_A2_Ch1	E21_G3_Ch1	E16_A1d_Ch1
TiO ₂	1.082	0.036	0.033	0.020	0.071
SiO ₂	25.922	24.989	25.769	27.641	29.671
Fe ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	5.196
Cr ₂ O ₃	0.072	0.062	0.103	0.083	0.189
Al ₂ O ₃	19.494	20.149	20.983	20.749	16.858
ZnO	0.149	0.058	0.104	0.050	0.060
NiO	0.000	0.093	0.043	0.034	0.099
FeO	29.069	31.243	29.910	21.430	20.132
MnO	0.204	0.049	0.171	0.388	0.013
MgO	12.830	10.609	12.031	18.430	17.635
F	0.021	0.000	0.000	0.106	0.050
H ₂ O	11.280	10.959	11.315	11.767	11.860
Total	100.114	98.247	100.462	100.653	101.812

Tabela XIV.40 – Análises representativas das gerações I, II, III de clorite e de agregados de clorite presentes na rocha ígnea (RI), em a.p.f.u.

Geração	Clorite I	Clorite II	Clorite III_A	Clorite III_C	Clorite (RI)
Referência	E03_A8b_ChI	E03_A7_ChI	E23a_A2_ChI	E21_G3_ChI	E16_A1d_ChI
Si	2.754	2.735	2.732	2.805	2.995
Al	1.246	1.265	1.269	1.195	1.005
Total	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ti	0.087	0.003	0.003	0.002	0.005
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.395
Cr	0.006	0.005	0.009	0.007	0.015
Al	1.195	1.334	1.353	1.287	1.000
Zn	0.012	0.005	0.008	0.004	0.005
Ni	0.000	0.008	0.004	0.003	0.008
Fe	2.583	2.860	2.652	1.819	1.699
Mn	0.018	0.005	0.015	0.033	0.001
Mg	2.032	1.731	1.901	2.789	2.653
Total	5.932	5.949	5.944	5.943	5.781
OH	7.993	8.000	8.000	7.966	7.984
F	0.007	0.000	0.000	0.034	0.016
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

Tabela XIV.41 – Análises representativas de Albite em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

Geração	Albite	
Referência	E23a_A3b_Al	E23a_A3a_Al
TiO ₂	0.034	0.000
SiO ₂	69.395	68.946
Fe ₂ O ₃	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	18.977	18.898
BaO	0.000	0.000
SrO	0.000	0.110
FeO	0.072	0.237
CaO	0.014	0.015
MgO	0.003	0.000
K ₂ O	0.022	0.033
Na ₂ O	11.922	11.682
Total	100.439	99.921

Geração	Albite	
Referência	E23a_A3b_Al	E23a_A3a_Al
Ti	0.001	0.000
Si	3.017	3.015
Fe	0.000	0.000
Al	0.972	0.974
Fe	0.003	0.009
Total	3.992	3.998
Ba	0.000	0.000
Sr	0.000	0.003
Fe	0.000	0.000
Ca	0.001	0.001
Mg	0.000	0.000
K	0.001	0.002
Na	1.005	0.991
Total	1.007	0.996

Tabela XIV.42 – Análises representativas de Rútulo, em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

	Rútulo			Rútulo (RI)	
Referência	E03_B7a_Rt	E16_A1b_Rt	Referência	E03_B7a_Rt	E16_A1b_Rt
WO ₃	0.177	0.059	W	0.001	0.000
Ta ₂ O ₅	0.000	0.003	Ta	0.000	0.000
Sb ₂ O ₅	0.012	0.016	Sb	0.000	0.000
Nb ₂ O ₅	0.392	0.162	Nb	0.002	0.001
As ₂ O ₅	0.000	0.032	As	0.000	0.000
V ₂ O ₅	0.176	0.211	V	0.002	0.002
P ₂ O ₅	0.000	0.023	P	0.000	0.000
PbO ₂	0.000	0.000	Pb	0.000	0.000
SnO ₂	0.032	0.000	Sn	0.000	0.000
ZrO ₂	0.029	0.037	Zr	0.000	0.000
MnO ₂	0.000	0.000	Mn	0.000	0.000
TiO ₂	96.588	96.557	Ti	0.975	0.985
SiO ₂	1.016	0.166	Si	0.014	0.002
Ni ₂ O ₃	0.014	0.000	Ni	0.000	0.000
Co ₂ O ₃	0.011	0.008	Co	0.000	0.000
Fe ₂ O ₃	0.393	0.175	Fe	0.004	0.002
Cr ₂ O ₃	0.045	0.760	Cr	0.001	0.008
Al ₂ O ₃	0.141	0.050	Al	0.002	0.001
FeO	0.000	0.000	Fe	0.000	0.000
Total	99.027	98.258	Total	1.000	1.002

Tabela XIV.43 – Análises representativas de Flúor-apatite em zonas de substituição (Zona de Subst.), na rocha ígnea (RI) e acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

	Flúor-apatite				Flúor-apatite		
	Zona de Subst.	RI	Carb. tardio		Zona de Subst.	RI	Carb. Tardio
Referência	E03_B10_Apa	E16_E3_Apa	E01_E3_Apa	Referência	E03_B10_Apa	E16_E3_Apa	E01_E3_Apa
P ₂ O ₅	43.110	41.078	42.541	P	3.015	2.981	2.993
Nd ₂ O ₃	0.000	0.037	0.011	Total	3.015	2.981	2.993
Ce ₂ O ₃	0.054	0.290	0.000				
La ₂ O ₃	0.000	0.031	0.000	Nd	0.000	0.001	0.000
Fe ₂ O ₃	0.000	0.315	0.356	Ce	0.002	0.009	0.000
Mn ₂ O ₃	0.000	0.033	0.000	La	0.000	0.001	0.000
SrO	0.000	0.013	0.567	Fe	0.000	0.020	0.022
FeO	0.018	0.000	0.299	Mn	0.000	0.002	0.000
MnO	0.006	0.000	0.022	Sr	0.000	0.001	0.027
CaO	56.013	53.908	55.407	Fe	0.001	0.000	0.021
MgO	0.004	0.334	0.001	Mn	0.000	0.000	0.002
Na ₂ O	0.022	0.013	0.008	Ca	4.957	4.952	4.934
Cl	0.000	0.545	0.000	Mg	0.001	0.043	0.000
F	3.216	2.253	3.003	Na	0.004	0.002	0.001
H ₂ O	0.290	0.542	0.380	Total	4.965	5.031	5.007
Total	101.379	98.320	101.330				
				OH	0.160	0.310	0.211
				Cl	0.000	0.079	0.000
				F	0.840	0.611	0.789
				Total	1.000	1.000	1.000

Tabela XIV.44 – Análises representativas de Monazite em zonas de substituição (Zona de subst.) e acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

	Monazite	
	Zona de Subst.	Carb. Tardio
Referência	E03_B11_Monaz	E07_D4_Monaz
UO ₃	0.000	0.000
SO ₃	0.077	0.033
Pa ₂ O ₅	0.025	0.020
Ta ₂ O ₅	0.379	0.000
Nb ₂ O ₅	0.156	0.000
As ₂ O ₅	0.057	0.016
P ₂ O ₅	25.864	27.740
ThO ₂	1.043	0.212
HfO ₂	0.127	0.097
ZrO ₂	0.001	0.000
TiO ₂	0.000	0.000
SiO ₂	6.924	4.813
Lu ₂ O ₃	0.168	0.072
Yb ₂ O ₃	0.000	0.000
Tm ₂ O ₃	0.134	0.001
Er ₂ O ₃	0.003	0.000
Ho ₂ O ₃	0.275	0.398
Dy ₂ O ₃	0.162	0.203
Tb ₂ O ₃	0.000	0.000
Gd ₂ O ₃	1.215	1.400
Eu ₂ O ₃	0.305	0.245
Sm ₂ O ₃	4.895	4.993
Nd ₂ O ₃	11.664	12.121
Pr ₂ O ₃	3.236	3.509
Ce ₂ O ₃	23.793	24.215
La ₂ O ₃	12.925	13.667
Y ₂ O ₃	0.366	0.302
V ₂ O ₃	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	2.572	3.553
PbO	0.048	0.007
BaO	0.000	0.000
SrO	0.090	0.226
FeO	0.231	0.922
MnO	0.000	0.000
CaO	0.447	0.387
MgO	0.123	0.146
K ₂ O	0.320	0.270
Na ₂ O	0.343	0.000
Cl	0.056	0.021
F	0.363	0.460
Total	98.221	99.850

	Monazite	
	Zona de Subst.	Carb. Tardio
Referência	E03_B11_Monaz	E07_D4_Monaz
P	0.811	0.851
Total	0.811	0.851
U	0.000	0.000
S	0.002	0.000
Pa	0.000	0.000
Ta	0.004	0.000
Nb	0.003	0.002
As	0.001	0.001
Th	0.009	0.002
Hf	0.001	0.002
Zr	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000
Si	0.256	0.176
Lu	0.002	0.000
Yb	0.000	0.000
Tm	0.002	0.001
Er	0.000	0.000
Ho	0.003	0.006
Dy	0.002	0.004
Tb	0.000	0.000
Gd	0.015	0.015
Eu	0.004	0.004
Sm	0.062	0.062
Nd	0.154	0.164
Pr	0.044	0.044
Ce	0.323	0.326
La	0.177	0.180
Y	0.007	0.006
V	0.000	0.000
Al	0.112	0.152
Pb	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000
Sr	0.002	0.004
Fe	0.007	0.026
Mn	0.000	0.000
Ca	0.018	0.016
Mg	0.007	0.007
K	0.015	0.013
Na	0.025	0.000
Total	1.257	1.212
Cl	0.003	0.001
F	0.042	0.042
Total	0.046	0.044

Tabela XIV.45 – Análises representativas de Xenótimo acompanhando carbonato tardio (Carb. tardio), em wt% (esquerda) e a.p.f.u. (direita).

	Xenótimo		Xenótimo
	Carb. Tardio		Carb. Tardio
Referência	E21_G5_Xenotim	Referência	E21_G5_Xenotim
UO ₃	0.179	P	0.984
SO ₃	0.000	Total	0.984
Pa ₂ O ₅	0.000		
Ta ₂ O ₅	0.000	U	0.001
Nb ₂ O ₅	0.000	S	0.000
As ₂ O ₅	0.000	Pa	0.000
P ₂ O ₅	35.516	Ta	0.000
ThO ₂	0.000	Nb	0.000
HfO ₂	0.513	As	0.000
ZrO ₂	0.140	Th	0.000
TiO ₂	0.000	Hf	0.005
SiO ₂	0.099	Zr	0.002
Lu ₂ O ₃	0.676	Ti	0.000
Yb ₂ O ₃	2.250	Si	0.003
Tm ₂ O ₃	0.757	Lu	0.007
Er ₂ O ₃	3.719	Yb	0.022
Ho ₂ O ₃	2.165	Tm	0.008
Dy ₂ O ₃	6.482	Er	0.038
Tb ₂ O ₃	5.861	Ho	0.023
Gd ₂ O ₃	4.069	Dy	0.068
Eu ₂ O ₃	0.343	Tb	0.063
Sm ₂ O ₃	0.799	Gd	0.044
Nd ₂ O ₃	0.265	Eu	0.004
Pr ₂ O ₃	0.000	Sm	0.009
Ce ₂ O ₃	0.000	Nd	0.003
La ₂ O ₃	0.000	Pr	0.000
Y ₂ O ₃	40.021	Ce	0.000
V ₂ O ₃	0.005	La	0.000
Al ₂ O ₃	0.000	Y	0.697
PbO	0.414	V	0.000
BaO	0.000	Al	0.000
SrO	0.000	Pb	0.004
FeO	1.217	Ba	0.000
MnO	0.000	Sr	0.000
CaO	0.022	Fe	0.033
MgO	0.000	Mn	0.000
K ₂ O	0.000	Ca	0.001
Na ₂ O	0.009	Mg	0.000
Cl	0.000	K	0.000
F	0.000	Na	0.001
Total	105.521	Total	1.036
		Cl	0.000
		F	0.000
		Total	0.000

Anexo 7 – Limites de detecção relativos às análises de rocha total de testemunhos de sondagem e amostragem em canal em galeria

MULTI-ACID (4-ACID) DIGESTION / COMBINED ICP-AES AND ICP-MS PACKAGE (49 ELEMENTS)					
GE ICM40B					
ELEMENTS AND LIMIT(S)					
Ag	0.02 - 100 ppm	K	0.01 - 15%	Sn	0.3 - 1000 ppm
Al	0.01 - 15%	La	0.1 - 10000 ppm	Sr	0.5 - 10000 ppm
As	1 - 10000 ppm	Li	1 - 10000 ppm	Ta	0.05 - 10000 ppm
Ba	1 - 10000 ppm	Lu	0.01 - 1000 ppm	Tb	0.05 - 10000 ppm
Be	0.1 - 2500 ppm	Mg	0.01 - 15%	Te	0.05 - 1000 ppm
Bi	0.04 - 10000 ppm	Mn	2 - 10000 ppm	Th	0.2 - 10000 ppm
Ca	0.01 - 15%	Mo	0.05 - 10000 ppm	Ti	0.01 - 15%
Cd	0.02 - 10000 ppm	Na	0.01 - 15%	Tl	0.02 - 10000 ppm
Ce	0.05 - 1000 ppm	Nb	0.1 - 1000 ppm	U	0.05 - 10000 ppm
Cs	1 - 1000 ppm	Ni	0.5 - 10000 ppm	V	2 - 10000 ppm
Co	0.1 - 10000 ppm	P	0.005 - 15%	W	0.1 - 10000 ppm
Cr	1 - 10000 ppm	Pb	0.5 - 10000 ppm	Y	0.1 - 10000 ppm
Cu	0.5 - 10000 ppm	Rb	0.2 - 10000 ppm	Yb	0.1 - 1000 ppm
Fe	0.01 - 15%	S	0.01 - 5%	Zn	1 - 10000 ppm
Ga	0.1 - 500 ppm	Sb	0.05 - 10000 ppm	Zr	0.5 - 10000 ppm
Hf	0.02 - 500 ppm	Sc	0.5 - 10000 ppm		
In	0.02 - 500 ppm	Se	2 - 1000 ppm		

Figura XIV.11 – Limites de detecção relativos às análises de rocha total de testemunhos de sondagem e amostragem em canal em galeria.

Anexo 8 – Distribuição das amostras em canal ao longo da galeria do piso 855

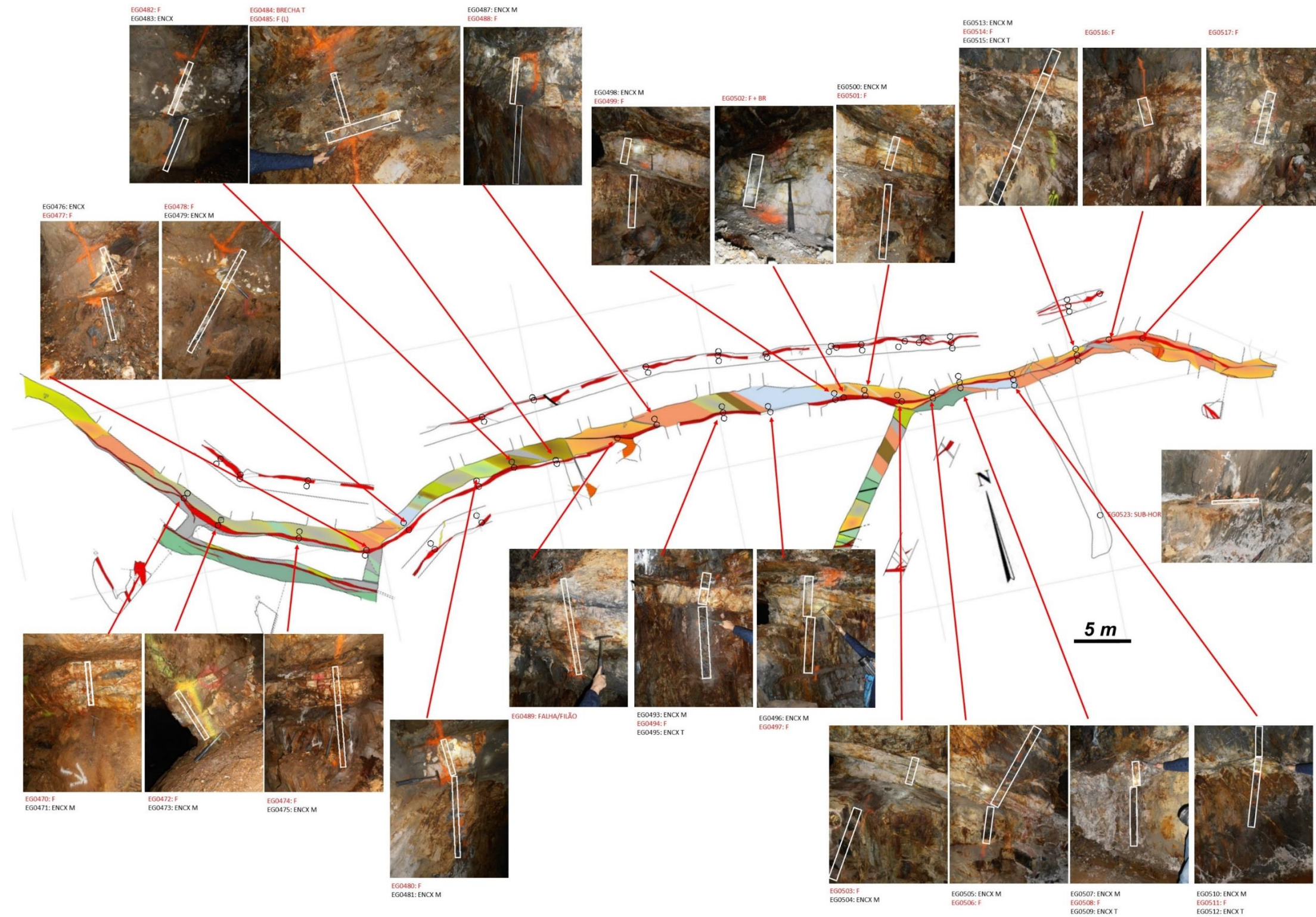
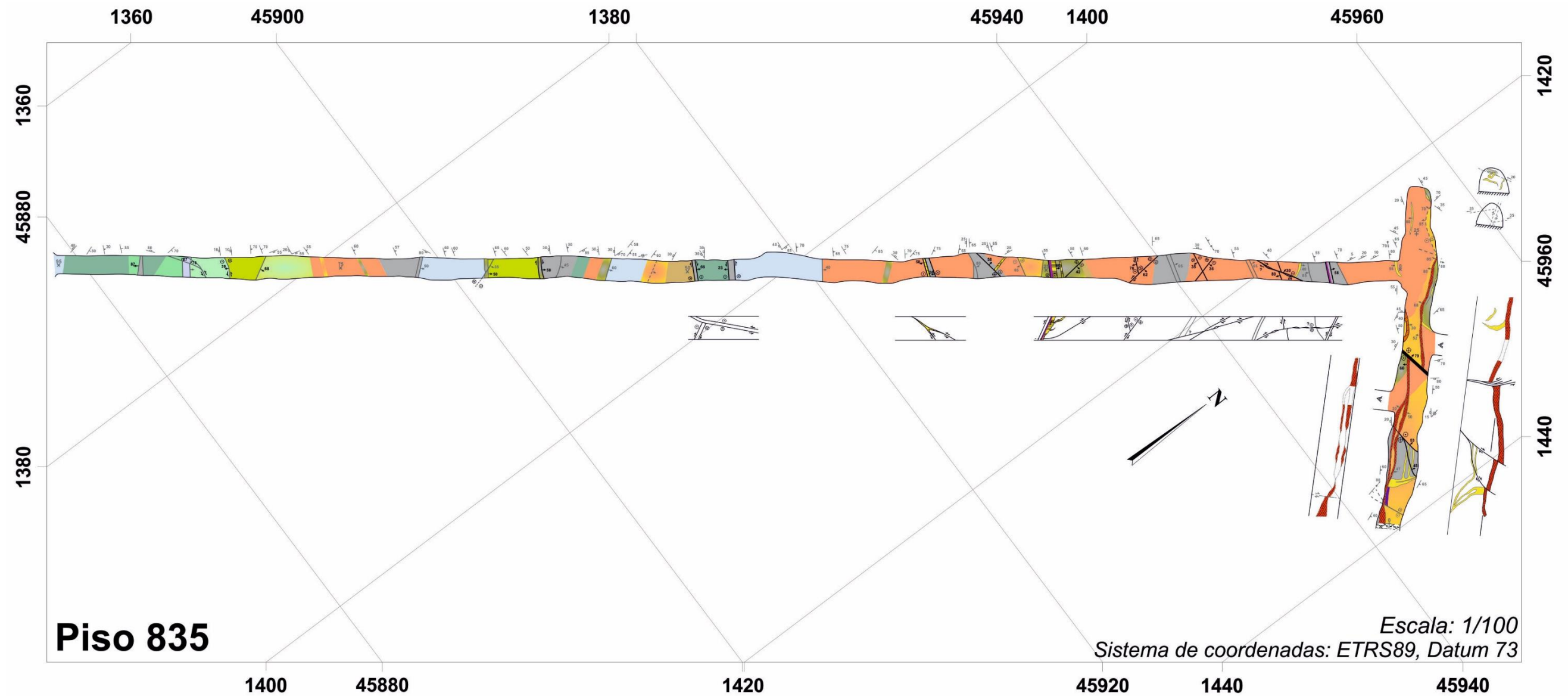


Figura XIV.12 – Mapa referente à amostragem em canal realizada na galeria do piso 855. Exposição elaborada pela empresa EDM (Daniela Lobarinhas).

Anexo 9 – Mapas do levantamento estrutural descrito no capítulo VI complementar dos mapas elaborados por Carvalho (1988b) [Pisos 835 e 855].



Litologia

	Metagrauvaque grosseiro
	Metagrauvaque médio
	Metagrauvaque fino
	Metagrauvaque fino silicificado
	Alternância entre metagrauvaque fino e metapelito
	Metapelito negro
	Metapelito bandado - alternância entre metapelito negro e metapelito cinzento silicificado
	Metapelito castanho escuro
	Metapelito silicificado
	Disseminação de pirite
	Rocha ígnea

Estruturas

	Falha com inclinação
	Falha com movimentação vertical (em planta) e horizontal (em corte)
	Falha com movimentação vertical (em corte) e horizontal (em planta)
	Falha inferida

Preenchimentos

	Filão principal de quartzo com arsenopirite disseminada (localmente laminada)
	Veios e corpos de quartzo, ocasionalmente mineralizado (macroscopicamente)
	Veios subsidiários de quartzo não mineralizado (macroscopicamente)
	Filão de quartzo com agregados de arsenopirite (\pm PbS, ZnS)
	Nível grosseiro de sulfuretos, dominado por Apy

Simbologia

	Direcção e inclinação dos planos de estratificação
	Direcção e inclinação da foliação
	Direcção e inclinação de diageneses
	Mergulho da lineação no plano
	Diacrise pronunciada
	Trabalhos inacessíveis
	Pontos de referência ao longo do acesso/galeria
	Desmonte ao longo do prolongamento do filão (seta aponta para extremidade de menor cota)

	4ª geração de preenchimentos
	5ª geração de preenchimentos
	6ª geração de preenchimentos
	7ª geração de preenchimentos

Mapa realizado por Diogo Ribeiro no âmbito de estágio para obtenção de grau de Mestre, sob supervisão de António Mateus e Daniela Lobarinhas. Adaptado de Carvalho (1988)
Contornos cinzentos em estruturas; simbologia e preenchimentos marcam anotações da cartografia realizada por Carvalho (1988)
Contornos pretos em estruturas; simbologia e preenchimentos marcam o contributo do levantamento estrutural das galerias e caracterização de gerações de preenchimentos realizados no âmbito deste estágio

